

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-171526

(43)Date of publication of application : 11.07.1995

(51)Int.Cl.

B08B 3/12

B06B 1/02

(21)Application number : 05-324323

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 22.12.1993

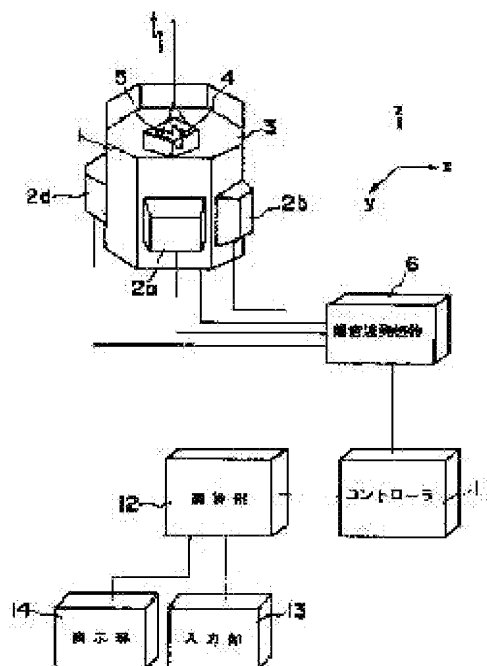
(72)Inventor : FUJIOKA SHUNICHIRO

(54) ULTRASONIC WASHING APPARATUS

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide an ultrasonic washing apparatus capable of washing an object to be washed in a definite washing degree or more regardless of the input position of the object to be washed.

CONSTITUTION: A plurality of oscillators 2a,2b,2d are arranged so that ultrasonic waves are oscillated toward the central part of a washing tank 1 to allow ultrasonic waves oscillated from the respective oscillators to interfere with each other to markedly generate a mutually strengthened region and a mutually weakened region in the washing tank 1. By changing at least either one of the amplitude, phase and frequency of the respective oscillators, the mutually strengthened region is moved to allow an object to be washed to coincide with an input position.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-171526

(43)公開日 平成7年(1995)7月11日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 0 8 B 3/12		B 2119-3B		
B 0 6 B 1/02		Z 7627-5H		

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 27 頁)

(21)出願番号 特願平5-324323

(22)出願日 平成5年(1993)12月22日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 藤岡 俊一郎

神奈川県秦野市堀山下1番地 株式会社日

立製作所汎用コンピュータ事業部内

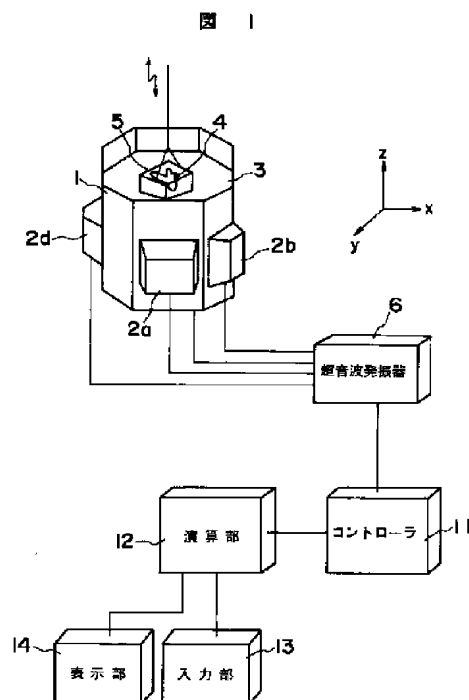
(74)代理人 弁理士 富田 和子

(54)【発明の名称】 超音波洗浄装置

(57)【要約】

【目的】本発明によれば、被洗浄物を投入する位置に係わらず、一定以上の洗浄度で洗浄することができる超音波洗浄装置を提供する。

【構成】複数の発振子2a、2b、2dを、洗浄槽1の中央部に向かって複数の方向から超音波を発振するように配置することにより、洗浄槽1内で、各発振子から発振された超音波が干渉して、互いに強めあう領域と弱めあう領域とを顕著に生じさせる。各発振子の振幅、位相、および、周波数の少なくともいずれか1つを変化させることにより、強めあう領域を移動させ、被洗浄物を投入する位置に一致させることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】複数の発振子と洗浄槽とを備えた超音波洗浄装置であって、

前記複数の発振子は、前記洗浄槽の中央部に向かって複数の方向から超音波を発振するように配置されていることを特徴とする超音波洗浄装置。

【請求項 2】請求項 1 において、ユーザから前記洗浄槽内の任意の座標の入力を受け付ける受け付け手段と、

前記複数の発振子に対して、それぞれ振幅、位相、周波数を設定し、発振子を発振させる発振手段と、

前記洗浄槽内において前記複数の発振子から発振された超音波が強めあう 1 または 2 以上の領域を演算し、前記超音波が強めあう領域の 1 つと前記受け付け手段が受け付けた座標とを一致させるための前記複数の発振子のそれぞれの振幅、位相、周波数を求め、求めた前記振幅、位相、周波数条件で前記発振子を発振させるよう前記発振手段に指示する演算手段とを有することを特徴とする超音波洗浄装置。

【請求項 3】請求項 2 において、前記受け付け手段は、ユーザから前記任意の座標で必要とする超音波振動の振幅をさらに受け付け、

前記演算手段は、前記超音波が強めあう領域の超音波振動の振幅を演算し、前記受け付けた座標における超音波振動の振幅をユーザから入力された振幅と同等以上にするための前記複数の発振子のそれぞれの振幅、位相、周波数を求め、求めた前記振幅、位相、周波数条件で前記発振子を発振させるよう前記発振手段に指示することを特徴とする超音波洗浄装置。

【請求項 4】請求項 2 において、前記演算手段は、前記複数の発振子のそれぞれの振幅、位相、周波数を求めるために、前記発振子の振幅、位相、および、周波数のうち少なくとも 1 つの値を変化させた場合の超音波が強めあう領域の位置を演算することを特徴とする超音波洗浄装置。

【請求項 5】請求項 3 において、前記演算手段は、前記複数の発振子のそれぞれの振幅、位相、周波数を求めるために、前記すべての発振子の振幅を一律に変化させた場合の超音波が強めあう領域の超音波振動の振幅を演算することを特徴とする超音波洗浄装置。

【請求項 6】請求項 2 において、前記複数の発振子は、同一平面上に配置され、

前記受け付け手段は、前記平面上の任意の座標を受け付けることを特徴とする超音波洗浄装置。

【請求項 7】請求項 1 において、ユーザから前記洗浄槽内の任意の座標の入力を受け付ける受け付け手段と、

前記複数の発振子に対して、それぞれ振幅、位相、周波数を設定し、発振子を発振させる発振手段と、

予め定められた、前記洗浄槽内において前記複数の発振子から発振された超音波が強めあう領域を、前記洗浄槽内の予め定められた複数の座標に位置させるための前記

複数の発振子のそれぞれの振幅、位相、周波数を、前記予め定められた複数の座標ごとに記憶した記憶手段と、前記洗浄槽内の予め定められた複数の座標のうち、前記受け付け手段が受け付けた任意の座標に最も近い座標を選び、選んだ座標に対応する前記複数の発振子のそれぞれの振幅、位相、周波数を前記記憶手段から読みだし、読みだした前記振幅、位相、周波数条件で前記発振子を発振させるよう前記発振手段に指示する演算手段とを有することを特徴とする超音波洗浄装置。

【請求項 8】請求項 7 において、前記受け付け手段は、ユーザから前記任意の座標で必要とする超音波振動の振幅をさらに受け付け前記記憶手段は、前記超音波が強めあう領域を、前記洗浄槽内の予め定められた複数の座標に位置させ、さらにその座標で複数段階の超音波振動振幅を得るための前記複数の発振子のそれぞれの振幅、位相、周波数を、前記予め定められた複数の座標について前記複数段階の超音波振動振幅ごとに記憶し、

前記演算手段は、前記洗浄槽内の予め定められた複数の座標のうち、前記受け付け手段が受け付けた任意の座標に最も近い座標を選び、さらに、前記受け付け手段が受け付けた超音波振動振幅と同等以上の超音波振動振幅の段階を選び、選んだ座標と超音波振動振幅の段階に対応する前記複数の発振子のそれぞれの振幅、位相、周波数を前記記憶手段から読みだし、読みだした前記振幅、位相、周波数条件で前記発振子を発振させるよう前記発振手段に指示する演算手段とを有することを特徴とする超音波洗浄装置。

【請求項 9】請求項 1 において、ユーザから前記洗浄槽内の任意の図形を表わす関数の入力を受け付ける受け付け手段と、

前記複数の発振子に対して、それぞれ振幅、位相、周波数を設定し、発振子を発振させる発振手段と、

前記洗浄槽内において前記複数の発振子から発振された超音波が強めあう領域を演算し、前記超音波が強めあう領域が前記任意の図形上に位置し、時間の経過とともに移動するための前記複数の発振子のそれぞれの振幅、位相、周波数を時間の経過ごとに求め、求めた前記振幅、位相、周波数条件で前記発振子を発振させるよう前記発振手段に指示する演算手段とを有することを特徴とする超音波洗浄装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、超音波振動により物体に付着した汚れや異物を除去するための超音波洗浄装置に関する。

【0002】

【従来の技術】超音波を用いて物体を洗浄する方法としては、例えば、文献「工業ライブラリー 22 強力超音波応用」日刊工業新聞社の頁 84 に記載されているように、洗浄液の入った洗浄槽の底部に、超音波発振子を取

り付け、洗浄槽の底面から洗浄液に超音波振動を生じさせて、被洗浄物の汚れを除去する方法が一般的である。一般に、洗浄に用いられる超音波周波数は、主に20kHzから400kHzが用いられている。最近では、数MHzの周波数も用いられている。また、洗浄槽内の超音波振動は、洗浄槽の深さ方向に進行する定在波となっていると考えられている。

【0003】一方、超音波洗浄における超音波の制御方法としては、洗浄槽の底面の取り付けられた超音波発振子単体か、または、複数の超音波発振子をまとめて制御する方法が用いられている。一般的には、周波数を一定にし、出力(振幅)を変化調整する方法や、周波数をスイープさせて、定在波の位置を変化させる方法や、一定の幅のある帯域の超音波周波数を一度に発振させる方法などが用いられている。また、洗浄液量を変えて反射波の影響を制御する方法も知られている。

【0004】また、被洗浄物を揺動させたり、回転させたり、周波数の異なる洗浄槽を複数個用意する超音波洗浄装置も知られている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】従来の超音波洗浄装置では、洗浄物を投入する位置が変わると洗浄度に差が生じたり、洗浄物が大きいときには洗浄ムラができ、極端な場合には、未洗浄の部分が生じたりしていた。

【0006】本発明の第1の目的は、被洗浄物を投入する位置に係わらず一定の洗浄度で洗浄することができる超音波洗浄装置を提供することにある。

【0007】本発明の第2の目的は、大きな洗浄物をムラなく洗浄することができる超音波洗浄装置を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記第1の目的を達成するために、本発明の第1の態様では、複数の発振子と洗浄槽とを備えた超音波洗浄装置において、複数の発振子を、前記洗浄槽の中央部に向かって複数の方向から超音波を発振するように配置した。

【0009】この構成に加えてさらに、ユーザから前記洗浄槽内の任意の座標の入力を受け付ける受け付け手段と、複数の発振子に対して、それぞれ振幅、位相、周波数を設定し、発振子が発振させる発振手段と、洗浄槽内において複数の発振子から発振された超音波が強めあう領域を演算し、超音波が強めあう領域と前記任意の座標とを一致するさせるための前記複数の発振子のそれぞれの振幅、位相、周波数を求め、求めた振幅、位相、周波数条件で発振子が発振させるよう発振手段に指示する演算手段とを配置することができる。

【0010】また上記第2の目的を達成するために、本発明の第2の態様では、上記第1の態様の、複数の発振子を、洗浄槽の中央部に向かって複数の方向から超音波を発振するように配置した超音波洗浄装置に、ユーザか

ら洗浄槽内の任意の図形を表わす関数の入力を受け付ける受け付け手段と、複数の発振子に対して、それぞれ振幅、位相、周波数を設定し、発振子が発振させる発振手段と、洗浄槽内において複数の発振子から発振された超音波が強めあう領域を演算し、超音波が強めあう領域が任意の図形上に位置し、時間の経過とともに移動するための複数の発振子のそれぞれの振幅、位相、周波数を時間の経過ごとに求め、求めた前記振幅、位相、周波数条件で前記発振子が発振させるよう発振手段に指示する演算手段とを配置する。

【0011】

【作用】本発明の第1の態様では、複数の発振子を、洗浄槽の中央部に向かって複数の方向から超音波を発振するように配置するため、洗浄槽内では、各発振子から発振された超音波が干渉して、互いに強めあう領域と弱めあう領域とが顕著に生じる。また、洗浄槽の中央部に向かって複数の方向から超音波を発振するように配置しているため、発振子の振幅、位相、および、周波数の少なくともいずれか1つを変化させることにより、強めあう領域を移動させることができる。したがって、この強めあった領域で被洗浄物を洗浄すると、効果的に洗浄できる。従来、被洗浄物を投入する位置をかえると、超音波振動が強めあっている領域で洗浄する場合と、弱めあっている領域で洗浄する場合とが生じ、そのため、一定の洗浄度で洗浄することができなかった。本発明では、被洗浄物を投入する位置をかえた場合でも、発振子の振幅、位相、および、周波数の少なくともいずれか1つを変化させることによりを移動させ、被洗浄物の位置に一致させることが可能であるので、一定の洗浄度で洗浄を行うことができる。

【0012】この超音波振動が強めあっている領域は、演算によりもとめることができる。よって、受け付け手段によって、ユーザから被洗浄物を投入する座標の入力を受け付けたうえで、演算手段が、超音波が強めあう領域と任意の座標とを一致するさせるための各発振子のそれぞれの振幅、位相、周波数を求め、求めた振幅、位相、周波数条件で発振子が発振させるよう指示することにより、ユーザは、入力手段に被洗浄物を投入する座標を入力するだけで、常に超音波振動が強めあっている領域で洗浄することができる。

【0013】本発明の第2の態様では、複数の発振子を、洗浄槽の中央部に向かって複数の方向から超音波を発振するように配置して、超音波振動が強めあった領域を発生させた上、この領域を任意の図形上で移動させる。任意の図形が被洗浄物全体を覆うような形状にすることにより、大きな被洗浄物であっても、超音波振動が強めあった領域が被洗浄物全体の上を移動していくので、均一に洗浄することができる。任意の図形は、受け付け手段が、関数としてユーザからの入力を受け付ける。演算手段は、超音波が強めあう領域を演算し、超音

波が強めあう領域が任意の図形上に位置し、時間の経過とともに移動するように、複数の発振子のそれぞれの振幅、位相、周波数を時間の経過ごとに求め、求めた前記振幅、位相、周波数条件で発振子を発振させるよう指示する。

【0014】

【実施例】本発明の一実施例の超音波洗浄装置について、図面を用いて説明する。

【0015】（実施例1）本発明の第1の実施例の超音波洗浄装置は、図1に示すように、洗浄液3を入れる洗浄槽1の周囲に、4個の超音波発信子2a、2b、2c、2d（2cは、図1では不図示）を備えている。超音波発信子2a、2b、2c、2dは、超音波発信器6に接続されている。この超音波発信器6は、超音波発信子2a、2b、2c、2dに対し、それぞれ、位相、出力、周波数を制御した超音波信号を与える。超音波発信子2a、2b、2c、2dは、洗浄槽1内の洗浄液3に、それぞれ超音波振動を与え、これらの振動が合成された超音波場を作り出す。

【0016】この洗浄液3中に、洗浄治具5に入れた被洗浄物4を入れると、合成超音波場に同期した揺動を与えられ被洗浄物4が洗浄される。

【0017】超音波発信器6には、超音波発信器6の超音波出力の位相、出力、周波数を変更するためのコントローラ11が接続されている。また、コントローラ11には、洗浄槽1内に発生している超音波場の位置および強度を演算して、位相、振幅、周波数をコントローラ11に指示する演算部12が接続されている。演算部12には、ユーザが必要としている洗浄液3の強超音波場の出力レベル、強超音波場の位置の指示をユーザから受け付ける入力部13と、ユーザに異常を知らせるための表示部14とが接続されている。

【0018】超音波発振器6の構成を図5（a）、（b）を用いて説明する。

【0019】超音波発振器6は、図5（a）に示すように、超音波信号を発振する発振回路61a、61b、61c、61dと、増幅回路62a、62b、62c、62dと、これらに電源を供給する電源回路63とを備えている。発振子2aは、増幅回路62aを介して発振回路61aと接続されている。発振回路61aで、発振された超音波信号は、増幅回路62aで発振子を振動させるのに必要な振幅に増幅され、発振子2aを振動させる。同様に、発振子2bは、発振回路61bと増幅回路62bとに接続され、発振子2cは、発振回路61cと増幅回路62cとに接続され、発振子2dは、発振回路61dと増幅回路62dとに接続されている。コントローラ11は、発振回路61a～61dに接続され、これらの出力する超音波信号の位相、周波数、振幅（出力）を制御する。

【0020】具体的には、本実施例では、発振回路61

aとして、図5（b）に示すような、可変コイル64a、可変抵抗65a、66aを備えた回路を用いている。発振回路61aと増幅回路62aとを接続する手段としては、トランス67aを用いている。コントローラ11は、図5（b）の回路において、可変コイル64aのインダクタンスの大きさを調節することにより超音波発振子2aの発振する超音波の周波数を制御する。また、コントローラ11は、可変抵抗65aの抵抗値を調節することにより、位相を制御し、可変抵抗66aの抵抗値を調節することにより振幅を制御する。発振回路61b、61c、61dも、発振回路61aと同様の構成である。コントローラ11は、これらの回路の可変コイルと可変抵抗の値を調節することにより、超音波発振子2b、2c、2dの発振する超音波の周波数、位相、振幅を、発振子ごとに制御する。

【0021】超音波発振子2a、2b、2c、2dの配置と、超音波場の関係について、図2、図3、図4を用いて説明する。

【0022】洗浄槽1の内壁の側面は、図2に示すように、正八角柱の形状に形成されている。向かい合う2つの側面間の距離は、2Rである。超音波発振子2a、2b、2c、2dは、図2に示すように、洗浄槽1の互いに向かい合わない4つの側面に取り付けられている。

【0023】従来の超音波洗浄装置は超音波発振子が洗浄槽の底面に配置されているため、超音波が発振される方向は一方向である。そのため、底面と洗浄液面との間を進行する定在波になっていると考えられている。

【0024】本実施例では、超音波発振子2a～2dを洗浄槽1の側面に配置する。発明者らの実験および解析によると、本実施例のように超音波発振子を側面に配置すると、発振された超音波は、洗浄槽1の中心に向かって4方向から進行した直接波と、洗浄槽1の側面で反射された反射波とが干渉しあって、洗浄槽1内には、図3、図4のように、超音波振動が強めあっている領域（強超音波場）9、11と、弱めあっている領域10とが生じる。また、発振子2a～2dから発せられる超音波の振幅、位相および周波数のうち、少なくともいずれか1つを変えることにより、強超音波場の位置を、洗浄槽の径方向に移動させることができることがわかった。

【0025】そこで、本実施例では、洗浄槽内の超音波振動の強超音波場の位置を演算により求めた上で、超音波振動子の発信する超音波振動の振幅、位相および周波数のうち少なくともいずれかを制御することにより、強超音波場の位置を移動させ、被洗浄物4の位置と一致させる。また、超音波振動子の発信する超音波振動の振幅を制御することにより、強超音波場の振幅を洗浄に必要な振幅まで高める。これにより、被洗浄物4の投入する場所で、洗浄度が変ることがなく、被洗浄物を一定の洗浄度で常に効果的に洗浄できる。

【0026】本発明において、洗浄槽内の強超音波場

は、以下に示す数式を用いて演算によってもとめることができる。本実施例で用いる数式について説明する。

【0027】基本的前提

1、洗浄液3中の超音波の速度を v とする。

【0028】2、被洗浄物4の存在による超音波振動の減衰を、伝搬距離1に比例して超音波振動の振幅(出力)が減衰する近似項に置き換えて演算をおこなう(近似項=減衰関数 $D(1)$)。

【0029】3、超音波振動の反射は、超音波発振子2a等の対面に位置する洗浄槽1の内壁で、1回限り生じるとする。

【0030】4、超音波が反射する時には、波形が反転するとする。

【0031】5、複数の超音波振動が重なったときには、それらの合成波が生じるとする。

【0032】6、発振子2a~2dと同一平面(xy平面)上の点に限定して強超音波場を演算するものとする。

【0033】つぎに、上述の基本的前提をもとに、図6、図7、図8、図9、図10、図11を用いて、洗浄槽1内の合成超音波振動を求める際に用いる数式を以下に説明する。以下の式および説明文は、図6に示すような洗浄槽1内の深さ方向に垂直な平面上の任意の点Hにおける超音波振動出力(振幅)を示すためのものである。これら任意の点の位置は、洗浄槽の中心を0点とした x 、 y 座標によって表わす。また、発振子2aから発振される超音波振動の周波数を f_1 、初期位相を α_1 、初*

$$A_1'(y) = D(1_1) W_1 \sin(\omega_1 t_1 + \alpha_1) \cdots \cdots (1)$$

で表される。

【0039】2) つぎにH点が、発振子2aから発せられた超音波のうち、発振子2aの対面の内壁面による反射波22によって生じる超音波振動の出力 $A_1'(y)$ は、以下のように表される。

【0040】a) 点Hまでの距離 l_1' は

$$l_1' = R + R + (R - y) \quad \times$$

$$A_1''(y) = -D(l_1') W_1 \sin(\omega_1 t_1' + \alpha_1) \cdots \cdots (2)$$

で表される。

【0043】よって、発振子2aから発せられた超音波によって生じる点Hの超音波振動の出力 A_1 は

$$A_1(y) = A_1'(y) + A_1''(y) \cdots \cdots (3)$$

$$A_1(x) = 0 \quad \cdots \cdots (4)$$

2、つぎに、発振子2bから発振された超音波によって生じる点H(x , y)の超音波振動の出力 A_2 (x , y)は、図6、図9を用いて以下のように表される。

【0044】1) 点Hが、発振子2bから発せられた超音波のうち、直接波(正波)によって生じる超音波振動の出力 $A_2'(y)$ 、 $A_2'(x)$ は、図6、図9を用いて、以★

$$A_2'(y) = \sin \theta \cdot D(l_2) W_2 \sin(\omega_2 t_2 + \alpha_2) \cdots \cdots (5)$$

$$A_2'(x) = \cos \theta \cdot D(l_2) W_2 \sin(\omega_2 t_2 + \alpha_2) \cdots \cdots (6)$$

で表される。

*期振幅を W_1 で表わす。同様に、発振子2bの超音波振動は、周波数 f_2 、初期位相 α_2 、初期振幅 W_2 で表わし、発振子2cの超音波振動は、周波数 f_3 、初期位相 α_3 、初期振幅 W_3 で表わし、発振子2dの超音波振動は、周波数 f_4 、初期位相 α_4 、初期振幅 W_4 で表わす。

【0034】1、発振子2aから発振された超音波によって、任意の点H(x , y)に生じる超音波振動の出力(振幅) A_1 は、図6、図7、図8を用いて、以下のように表わされる。この場合、Hにおける振動出力 A_1 (x , y)は、 y 方向の成分のみを有し、 x 方向の成分は0と考えられる。

【0035】1) まず、H点が、発振子2aから発せられた超音波のうち、発振子2aからの直接波(図7の正波21)によって生じる超音波振動の出力 A' は、以下のように表わされる。

【0036】a) 発振子2aから点Hまでの距離 l_1 は、

$$l_1 = R + y$$

で表わされるので、発振された超音波の減衰量は、

$$D(l_1)$$

である。

【0037】b) 点Hまで超音波振動が到達するのに要する到達時間 t_1 は

$$t_1 = l_1 / v$$

である。

【0038】c) したがって出力は

$$\times = 3R - y$$

で表される。

【0041】b) 点Hまでの到達時間 t_1' は

$$t_1' = 3R - y / v$$

である。

【0042】c) したがって出力は

★下のように表される。

【0045】a) 図9のA-A方向で検討すると、発振子2bから点Hまでの距離 l_2 は、

$$l_2 = R - (x \sin \theta - y \cos \theta) \text{ で表され、よって減衰量は}$$

$$D(l_2)$$

となる。

【0046】b) 正波の点Hまでの到達時間 t_2 は

$$t_2 = l_2 / v$$

である。

【0047】c) したがって、出力は

50 【0048】2) 点Hが、発振子2bから発せられた超

音波のうち、発振子2bの対面の内壁面による反射波から受ける出力 $A_2''(y)$ 、 $A_2''(x)$ は、以下のように表される。

【0049】a) 図9のA-A方向で検討すると発振子2bから点Hまでの距離 l_2' は

$$l_2' = 2R + R + (x \sin \theta + y \cos \theta)$$

$l_2' = 3R + (x \sin \theta + y \cos \theta)$ で表され、よって*

$$A_2''(y) = -\sin \theta D(l_2') W_2 \sin(\omega_2 t_2' + \alpha_2) \cdots \cdots (7)$$

$$A_2''(x) = -\cos \theta D(l_2') W_2 \sin(\omega_2 t_2' + \alpha_2) \cdots \cdots (8)$$

である。

【0052】よって、発振子2bからの超音波振動による点Hでの出力 A_2 は、

$$A_2(y) = A_2'(y) + A_2''(y) \cdots \cdots (9)$$

$$A_2(x) = A_2'(x) + A_2''(x) \cdots \cdots (10)$$

で表される。

【0053】3. 発振子2cから発振された超音波によって生じるH(x, y)の超音波振動の出力 $A_3(x, y)$ は、図6、図10を用いて、以下のように表される。

【0054】1) 点Hが、発振子2cから発せられた超音波のうち、正波によって受ける超音波振動出力 A_3' ※

$$A_3'(y) = \cos \theta \cdot D(l_3) W_3 \sin(\omega_3 t_3 + \alpha_3) \cdots \cdots (11)$$

$$A_3'(x) = \sin \theta \cdot D(l_3) W_3 \sin(\omega_3 t_3 + \alpha_3) \cdots \cdots (12)$$

で表される。

【0058】2) 点Hが、発振子2bから発せられた超音波のうち、発振子2bの対面の内壁面による反射波から受ける出力 $A_3''(y)$ 、 $A_3''(x)$ は、以下のように表される。

【0059】a) 図10のB-B方向で検討すると発振子2cから点Hまでの距離 l_3' は、

$$l_3' = 2R + R + (x \cos \theta + y \sin \theta)$$

$$A_3''(y) = -\cos \theta \cdot D(l_3') W_3 \sin(\omega_3 t_3' + \alpha_3) \cdots \cdots (13)$$

$$A_3''(x) = -\sin \theta \cdot D(l_3') W_3 \sin(\omega_3 t_3' + \alpha_3) \cdots \cdots (14)$$

である。

【0062】よって、発振子2cからの超音波による点Hの超音波振動の出力 A_3 は

$$A_3(y) = A_3'(y) + A_3''(y) \cdots \cdots (15)$$

$$A_3(x) = A_3'(x) + A_3''(x) \cdots \cdots (16)$$

で表される。

【0063】4. 発振子2dから発振された超音波によるH(x, y)の超音波振動の出力 $A_4(x, y)$ は、図6、図11を用いて、以下のように表される。この場合、点Hにおける振動出力 $A_4(x, y)$ は、x方向の成分のみを有し、y方向の成分は0と考えられる。

$$A_4'(x) = D(l_4) W_4 \sin(\omega_4 t_4 + \alpha_4) \cdots \cdots (17)$$

で表される。

【0068】2) 点Hが発振子2dの対面の内壁面による反射波から受ける出力 $A_4''(x)$ は、以下のように表される。

【0069】a) 発振子2dから点Hまでの距離 l_4'

*減衰量は

$$D(l_2')$$

となる。

【0050】b) 反射波の点Hまでの到達時間 t_2' は

$$t_2' = l_2' / v$$

である。

【0051】c) したがって、出力は

10※(y)、 $A_3'(x)$ は、図6、図10を用いて以下のように表される。

【0055】a) 図10のB-B方向で検討すると発振子2cから点Hまでの距離 l_3 は、

$l_3 = R - (x \cos \theta + y \sin \theta)$ で表され、よって減衰量は

$$D(l_3)$$

となる。

【0056】b) 正波の点Hまでの到着時間 t_3 は

$$t_3 = l_3 / v$$

である。

【0057】c) したがって出力は

★ $= 3R + (x \cos \theta + y \sin \theta)$ で表され、よって減衰量は

$$D(l_3')$$

となる。

【0060】b) 反射波の点Hまでの到着時間 t_3' は

$$t_3' = l_3' / v$$

である。

★【0061】c) したがって出力は

☆【0064】1) 点Hが、発振子2dから発せられた超音波の正波によって生じる超音波振動の出力 $A_4'(x)$ は、図6、図11を用いて以下のように表される。

【0065】a) 発振子2dから点Hまでの距離 l_4 は

$l_4 = R + x$ で表され、よって減衰量は

$$D = (l_4)$$

となる。

【0066】b) 正波の点Hまでの到達時間 t_4 は

$$t_4 = l_4 / v$$

である。

【0067】c) したがって出力は

は

$$l_4' = 2R + (R - x)$$

$$= 3R - x$$

で表される。

【0070】よって減衰量は

$D(1_4')$

となる。

【0071】b) 反射波の点Hまでの到達時間 t_4' は *

$$A_4''(x) = -D(1_4') W_4 \sin(\omega_4 t_4' + \alpha_4) \cdots (18)$$

で表される。

【0073】よって、発振子2dからの超音波振動による点Hでの出力 A_4 は

$$A_4(y) = 0 \cdots (19)$$

$$A_4(x) = A_4'(x) + A_4''(x) \cdots (20)$$

で表される。

【0074】5. 総合の合成出力

発振子2a, 2b, 2c, 2dから発振される超音波振動によってH(x, y)に生じる振動出力 $A(x, y)$ は、上述の $A_1 \sim A_4$ を加えあわせたものであり

$$A(y) = \sum_{i=1}^4 A_i(y) \cdots (21)$$

$$A(x) = \sum_{i=1}^4 A_i(x) \cdots (22)$$

で表される。

【0075】つぎに、本実施例の超音波洗浄装置の動作を、上述の数式と図12から図24を用いて、具体的に説明する。

【0076】入力部13は、洗浄槽1内のどの位置に被洗浄物4を投入するかを表わす座標K(x, y)の入力と、被洗浄物4を洗浄するのに必要な最低の超音波振動の出力(振幅)Sの入力とを受け付ける。さらに、入力部13は、強超音波場(洗浄槽内で最も高い超音波振幅が得られる領域)の移動を、発振子2aから2dの出力 $W_1 \sim W_4$ を変えることで行うか、周波数 $f_1 \sim f_4$ を変えることで行うか、位相 $\alpha_1 \sim \alpha_4$ を変えることで行うかのいずれかの選択をユーザから受け付ける。

【0077】演算部12は、図示していないが、プログラムを格納するメモリと、メモリ内のプログラムを読み込んでプログラムにしたがって演算を行うCPUとを備えている。メモリには、図12から図24にフローチャートで示した内容のプログラムが予め格納されている。演算部12のCPU12は、このプログラムを読み込み、以下のように動作する。

【0078】まず、演算部12は、図12のように、入力部13から被洗浄物4を投入する点を表わす座標K(x, y)を読み込む(ステップ101)。続けて、ステップ102では、入力部13から被洗浄物4の洗浄に必要な超音波振動の出力Sを読み込む。さらに、ステップ103で、入力部13から強超音波場の移動を出力、周波数、位相のいずれかの変更で行うかの選択を取込み、出力変更で行うことが選択されていた場合には、ステップ104に進む。また、位相変更で行うことが選択されていた場合には、図20のステップ171へ進み、周波数変更で行うことが選択されていた場合には、図15のステップ121へ進む。

【0079】ステップ104では、発振子2a~2dの周波数 $f_1 \sim f_4$ の値を表わす固定値と、位相 $\alpha_1 \sim \alpha_4$ の

$$* t_4' = l_4' / v$$

である。

【0072】c) したがって出力は、

値を表わす固定値とを演算部12のメモリから読み込む。これらの固定値は、例えば、発振子2aでは、発振器6の可変抵抗65aおよび可変コイル64aの可変幅によって定まる出力可能な振動周波数幅および位相幅のうち、予め定めた特定の値である。発振子2b~2dについても同様に定まる周波数幅および位相幅のうち、予め定めた特定の値である。これらは、予め演算部12のメモリに格納されている。

【0080】ステップ105では、発振子2a~2dの最小の出力 $W_1 \sim W_4$ を表わす固定値を演算部12のメモリから読み込む。最小の出力 W_1 の値は、発振子2aに接続される図5(a)、(b)の発振器6の可変抵抗66a等の可変の範囲に応じて定められる値である。発振子2b~2dについても同様に定められる。これらの最小の出力値は、予め演算部12のメモリに格納されている。

【0081】つぎに、洗浄槽1内の複数の点501について、振動の出力Aを計算する。この時には、発振子2a~2dは、まだ発振させない。発振子2a~2dを発振させるのは、以下に説明するように発振子2a~2dに発振させる超音波振動の出力、周波数、位相のすべてが演算によって定まった後である。

【0082】計算を行う点501は、図6のように、発振子2a~2dと同一平面(xy平面)の上にxy方向にそれぞれ一定間隔で位置する格子点である。この格子点の座標は、予め定められたものであり、演算部12は、これら格子点における超音波振動の出力Aを、上述の数式(1)から(22)と、ステップ104と105で取り込んだ周波数 $f_1 \sim f_4$ 、位相 $\alpha_1 \sim \alpha_4$ 、出力 $W_1 \sim W_4$ を用いて演算するプログラムを動作させて(ステップ106)、各格子点における超音波振動の出力Aを求める。

【0083】そして、求めた洗浄槽内の複数の超音波振動の出力Aを比較することにより、最も大きな値 A_{max} を求め、ステップ101で取り込んだ被洗浄物4を入れる点Kの座標(x, y)と、 A_{max} が得られた点Lの座標(x, y)とが一致しているかどうかを調べ、一致している場合ステップ108へ進み、一致していない場合ステップ110へ進む(ステップ107)。これにより、L(x, y)を中心とする領域に位置する強超音波場と、被洗浄物4を入れる点とが一致しているかどうかを調べることができる。

【0084】ステップ108では、点L(x, y)を中心とする強超音波場と被洗浄物4を入れる点Kとが一致しているので、点L(x, y)の超音波振動の出力 A_{max} が、ステップ102で取り込んだ洗浄に必要な超音

波振動の出力と同等以上かどうかを調べ、同等以上である場合に、ステップ119へ進む。また、同等より小さい場合には、ステップ109へ進む。

【0085】ステップ109では、必要な超音波振動の出力が得られていないため、発振子2a~2dの出力 $W_1 \sim W_4$ にそれぞれ予め定めた大きさ k を加えて、出力 $W_1 \sim W_4$ を一律に大きくしてステップ106に戻り、再度、各格子点について超音波振動の出力 A を計算する。これを、強超音波場の出力 A_{max} が、ステップ108で出力 S より大きくなるまで繰り返す。

【0086】ステップ119、120では、すべての発振子2a~2dが、発振すべき超音波振動の条件が出そろったので、実際に発振子2a~2dを発振させる。まず、ステップ106の計算で用いた出力 $W_1 \sim W_4$ 、周波数 $f_1 \sim f_4$ および位相 $\alpha_1 \sim \alpha_4$ で発振するように、発振器6を調節するようにコントローラ11に指示する(ステップ119)。コントローラ11は、発振器6の発振回路61a~61dの可変抵抗65a、66a等、可変コイル66a等の値を調節する。

【0087】続けて、演算部12は、コントローラ11に発振子2a~2dを実際に発振させるように指示する(ステップ120)。コントローラ11は、発振器6の電源回路63を外部電源と接続して、発振器6を発振させ、発振子2a~2dから超音波を出力させる。これにより、洗浄槽1内には、点L近傍を中心として出力 A_{max} の強超音波場が発生する。点Lの位置および出力 A_{max} は、ユーザが入力した位置 K および必要とする出力 S と一致しているので、ユーザは、位置 K に被洗浄物4を投入することにより必要な強度の超音波振動で被洗浄物4を洗浄することができる。

【0088】ステップ107で、最大の出力 A_{max} が得られた点 L が、被洗浄物を投入する点 K と一致していない場合には、ステップ110からステップ117により、発振子2a~2dの出力 $W_1 \sim W_4$ を変化させることにより、これらを一致させる動作を行う。

【0089】ステップ110では、発振子2aの出力 W_1 のみを予め定めた値 k だけ増加させ、他の出力 $W_2 \sim W_4$ は、そのままの値とする。そして、ステップ111では、増加させた W_1 が、発振子2aが出力可能な最大の出力 W_{1max} を超えていなければ、ステップ106へ戻り、再度、増加させた出力 W_1 を用いて、洗浄槽1内の超音波出力を演算する。出力 W_1 を増加させることにより、ステップ107の点 L の座標は移動していく。そして、出力 W_1 が、最大の出力 W_{1max} より大きくなるか、または、ステップ107で点 L が点 K と一致するまで、 W_1 を k ずつ大きくして、これらのステップを繰り返す。発振子2aが出力可能な最大の出力 W_{1max} は、発振器6の発振回路61aの可変抵抗66aの可変幅で定まる値であるので、この値に合わせて予め定められている。

【0090】ステップ111で、出力 W_1 が、最大の出力 W_{1max} を超えた場合には、ステップ112に進み、 W_1 を W_{1max} にし、発振子2bの出力 W_2 を予め定めた値 k だけ増加させ、他の出力 $W_3 \sim W_4$ は、そのままの値とする。そして、ステップ113では、増加させた W_2 が、発振子2bが出力可能な最大の出力 W_{2max} を超えていなければ、ステップ106へ戻り、再度、増加させた出力 W_1 を用いて、洗浄槽1内の超音波出力を演算する。出力 W_2 を増加させることにより、出力 W_1 を増加させた場合とは異なる方向へ、ステップ107の点 L の座標は移動していく。そして、出力 W_2 が、最大の出力 W_{2max} より大きくなるか、または、ステップ107で点 L が点 K と一致するまで、 W_2 を k ずつ大きくして、これらのステップを繰り返す。発振子2bが出力可能な最大の出力 W_{2max} は、発振器6の発振回路61bの可変抵抗の可変幅で定まる値であるので、この値に合わせて予め定められている。

【0091】同様に、ステップ114~ステップ117では、出力 W_3 または W_4 を k ずつ大きくして、点 L を移動させる。

【0092】上述のステップ110から117を行ったにもかかわらず、点 L が点 K と一致せず、しかも、 W_4 が最大の出力 W_{4max} を超えてしまった場合には、ステップ118に進み、表示部14に、本実施例の超音波洗浄装置では、ユーザが意図としている位置および振動強度で洗浄を行うことができないという内容をユーザに知らせる表示を行い、演算を中止する。

【0093】つぎに、ステップ102において、ユーザが周波数の変更による強超音波場の移動を選択した場合について説明する。

【0094】ステップ102で、入力部13が周波数の選択を受け付けた場合、図15のステップ121に進む。演算部12は、メモリに予め格納されている出力 $W_1 \sim W_4$ の固定値および位相 $\alpha_1 \sim \alpha_4$ の固定値を読み込む。また、ステップ122に進み、メモリに格納されている周波数 $f_1 \sim f_4$ の最小値を読み込む。これら出力 $W_1 \sim W_4$ の固定値および位相 $\alpha_1 \sim \alpha_4$ の固定値は、発信器6の可変抵抗66a、65a等の可変幅によって定まる出力可能な振動出力幅および位相幅のうち、予め定めた特定の値である。また、周波数 $f_1 \sim f_4$ の最小値は、発振器6の可変コイル64a等の可変幅によって定まる出力可能な周波数幅のうち、最小の周波数である。これらステップ121および122で用いる出力 $W_1 \sim W_4$ の固定値および位相 $\alpha_1 \sim \alpha_4$ の固定値、ならびに、周波数 $f_1 \sim f_4$ の最小値は、上述のステップ104、105で用いる値とは別の値であり、別個にメモリに予め格納されている。

【0095】そして、演算部12は、ステップ106と同様に、ステップ121、122で読み込んだ値と、数式(1)から(22)を用いて、洗浄槽1の各格子点に

おける超音波振動の出力Aを演算する(ステップ123)。そしてステップ123へ進み、ステップ107と同様に、最大の振動出力 A_{max} と、 A_{max} が得られた点Lの座標(x, y)とを求め、ステップ101で取り込んだ被洗浄物4を入れる点Kの座標(x, y)と、 A_{max} が得られた点Lの座標(x, y)とが一致しているかどうかを調べ、一致している場合ステップ125へ進み、一致していない場合ステップ127へ進む(ステップ124)。

【0096】ステップ125では、ステップ108と同様に、点L(x, y)の超音波振動の出力 A_{max} が、ステップ102で取り込んだ洗浄に必要な超音波振動の出力と同等以上かどうかを調べ、同等以上である場合には、図13のステップ400へ進む。また、同等より小さい場合には、ステップ126へ進む。

【0097】ステップ126では、ステップ109と同様に、発振子2a~2dの出力 $W_1 \sim W_4$ にそれぞれ予め定めた大きさkを加えて、ステップ123に戻り、再度、各格子点について超音波振動の出力Aを計算する。これを、強超音波場の出力 A_{max} が、ステップ125で出力Sと同等以上になるまで繰り返す。

【0098】ステップ400では、ステップ119と同様に、発振子2a~2dが、ステップ123の計算で用いた出力 $W_1 \sim W_4$ 、周波数 $f_1 \sim f_4$ および位相 $\alpha_1 \sim \alpha_4$ で発振するように、発振器6を調節するようにコントローラ11に指示する。そして、ステップ120へ進む。コントローラ11は、発振器6の発振回路61a~61dの可変抵抗65a、66a等、可変コイル66a等の値を調節し、発振子2a~2dを発振させる。

【0099】ステップ124で、最大の出力 A_{max} が得られた点Lが、被洗浄物を投入する点Kと一致していない場合には、ステップ127以下に進み、発振子2a~2dの周波数 $f_1 \sim f_4$ を変化させることにより、これらを一致させる動作を行う。これを以下に説明する。

【0100】まず、ステップ127で、発振子2aの周波数 f_1 をあらかじめ定められた最小周波数 f_{1min} にする。また、つぎのステップ128で発振子2b~2dの周波数 $f_2 \sim f_4$ をそれぞれの最小の周波数 $f_{2min} \sim f_{4min}$ にあらかじめ定めた値tを加えた値にする。最小周波数 $f_{1min} \sim f_{4min}$ は、発振器6の発振回路61a~61dの可変コイル64a等の可変幅で定まる値であるので、この値に合わせて予め定められている。

【0101】そしてステップ129に進み、ステップ128で定めた周波数 $f_2 \sim f_4$ が、発振子2b~2dの最大の周波数 $f_{2max} \sim f_{4max}$ を越えていないかどうか調べる。最大周波数 $f_{2max} \sim f_{4max}$ は、発振器6の発振回路61b~61dの可変コイルの可変幅で定まる値であるので、この値に合わせて予め定められている。そして、ステップ128で定めた周波数 $f_2 \sim f_4$ が最大の周波数 $f_{2max} \sim f_{4max}$ を越えていない場合はステップ130に

進み、越えている場合は、ステップ135に進む。

【0102】ステップ130では、ステップ123と同様に洗浄槽1内の複数の点について出力Aを求める。そしてステップ131で、最大の出力 A_{max} が得られた点Lが、被洗浄物を投入する点Kと一致している場合には、ステップ133、134に進み、点Lの出力 A_{max} を必要としている出力Sと同等以上にして、超音波を発振させる動作を行う。これらのステップ130、131、133、134は、すでに述べたステップ123、124、125、126と同じであるので、説明を省略する。ステップ131で、点Lと点Kとが一致していない場合には、周波数 $f_2 \sim f_4$ にさらにあらかじめ定めた値tを加えて、ステップ129に戻り、点Lを移動させ、ステップ131で点Lと点Kとが一致するか、ステップ129で周波数 $f_2 \sim f_4$ が、最大の周波数 $f_{2max} \sim f_{4max}$ を越えるまでこれを繰り返す。

【0103】点Lと点Kとが一致する前に、ステップ129で周波数 $f_2 \sim f_4$ が最大の周波数 $f_{2max} \sim f_{4max}$ を越えた場合には、ステップ135に進み、周波数 f_1 にあらかじめ定めた値tを加える。そして、ステップ136に進んで、周波数 f_1 が最大の周波数 f_{1max} を越えているかどうかを調べ、越えていない場合には、周波数 f_1 をそのままに、再び128に戻って、周波数 $f_2 \sim f_4$ を $f_{2min} \sim f_{4min}$ からtずつ大きくしながら、ステップ129以下を繰り返すことにより、点Lを移動させ、点Lと点Kとが一致する周波数を探索する。これをステップ136で、周波数 f_1 が f_{1max} を越えるまで繰り返し行う。

【0104】これらのステップ127から136を行ったにもかかわらず、点Lと点Kとが一致する周波数が見つかる前にステップ136で周波数 f_1 が f_{1max} を越えた場合には、図17のステップ141に進む。ステップ141からステップ150では、発振子2bの周波数 f_2 を最小 f_{2min} にして、残りの周波数 f_1 、 f_3 、 f_4 を f_{1min} 、 f_{3min} 、 f_{4min} からtずつ大きくして、点Lを移動させ、点Kと一致する周波数を探索する。点Lと点Kとが一致する前に、周波数 f_1 、 f_3 、 f_4 が最大の周波数 f_{1max} 、 f_{3max} 、 f_{4max} を越えた場合には、周波数 f_2 を最小 f_{2min} にt加え、残りの周波数 f_1 、 f_3 、 f_4 を f_{1min} 、 f_{3min} 、 f_{4min} からtずつ大きくしてこれを繰り返す。これを周波数 f_2 を最小 f_{2max} を越えるまで繰り返す。

【0105】これらのステップ141から150で、点Lと点Kとが一致する周波数が見つかる前にステップ149で周波数 f_1 が f_{1max} を越えた場合には、図18のステップ151に進む。ステップ181からステップ160では、発振子2cの周波数 f_3 を固定しながら、他の周波数 f_1 、 f_2 、 f_4 を増加させて、点Lと点Kとが一致する周波数を探索するステップであり、ステップ141からステップ150とほぼ同様のながれであるので

説明を省略する。また、ステップ 151 から 160 によっても、点 L と点 K とが一致する周波数が見つからない場合には、図 19 のステップ 161 からステップ 170 に進み、発振子 2 d の周波数 f_4 を固定しながら、他の周波数 f_1 、 f_2 、 f_3 を増加させて、点 L と点 K とが一致する周波数を探索するステップであり、ステップ 141 からステップ 150 とほぼ同様のながれであるので説明を省略する。ステップ 170 までを行っても、点 L と点 K とが一致する周波数が見つからず、ステップ 169 で周波数 f_4 が最大の周波数 f_{max} を越えた場合には、ステップ 137 に進み、表示部 14 に、本実施例の超音波洗浄装置では、ユーザが意図としている位置および振動強度で洗浄を行うことができないという内容をユーザに知らせる表示を行い、演算を中止する。

【0106】つぎに、ステップ 102 において、ユーザが位相の変更による強超音波場の移動を選択した場合について説明する。

【0107】ステップ 102 で、入力部 13 が位相の選択を受け付けた場合、図 20 から図 24 に示したステップ 171 からステップ 221 を行い、点 L が点 K と一致する位相 $\alpha_1 \sim \alpha_4$ 値の組合せと、出力 $W_1 \sim W_4$ と探索する。これらのステップのフローは、ステップ 121 からステップ 170 およびステップ 137 のフローと同様であるので、詳しい説明を省略する。

【0108】このように、本実施例によれば、洗浄物 4 が投入される点 K の座標と、洗浄に必要な超音波振動の出力の最低値 S を予め受け付けて、強超音波場が点 K を中心とする領域に出力 S 以上で発生するのに必要な、発振子 2 a ~ 2 d の出力、位相、周波数を演算で求め、これを制御するものである。これにより、ユーザは、洗浄物 4 が投入される位置に、必要とする出力以上の出力の強超音波場を得ることができるので、常に、洗浄物をどこに投入しようと常に一定以上の洗浄力で洗浄を行うことができる。したがって、再現性よく、被洗浄物を洗浄することができる。

【0109】（実施例 2）本発明の第 2 の実施例の超音波洗浄装置について、図 25 から図 31 を用いて説明する。

【0110】第 2 の実施例の超音波洗浄装置の構成は、第 1 の実施例の超音波洗浄装置の構成と同様であるので説明を省略する。但し、第 2 の実施例の超音波洗浄装置の演算部 12 のメモリ内には、図 25 ~ 図 31 にフローチャートで示したようなプログラムが格納されている。第 2 の実施例の超音波洗浄装置は、強超音波場をユーザが入力した任意の図形上を任意の速度 v で移動させていくことにより、大きな被洗浄物 4 をムラなく洗浄する構成である。

【0111】本実施例の超音波洗浄装置の動作について説明する。

【0112】まず、入力部 13 は、強超音波場を移動さ

せるべき任意の図形曲線を表わす方程式 $f(x, y)$ 、強超音波場を移動させる速度 v 、被洗浄物 4 の洗浄するのに必要な最低の超音波振動の出力（振幅）S の入力を受け付ける。

【0113】まず演算部 12 は、入力部 13 に設定された方程式 $f(x, y)$ 、移動速度 v 、超音波振動の出力（振幅）S を読み込む（ステップ 301、302、303）。

【0114】そして、演算部 12 は、発振子 2 a ~ 2 d の周波数 $f_1 \sim f_4$ の値を表わす固定値と、位相 $\alpha_1 \sim \alpha_4$ の値を表わす固定値とを演算部 12 のメモリから読み込む。さらに、発振子 2 a ~ 2 d の最小の出力 $W_1 \sim W_4$ を表わす固定値を演算部 12 のメモリから読み込む。つぎに、洗浄槽 1 内の複数の点について、振動の出力 A を計算する（ステップ 304、305、306）。これらのステップは、第 1 の実施例のステップ 104、105、106 との同じであるので詳細な説明を省略する。

【0115】この時点では、発振子 2 a ~ 2 d は、まだ発振させない。発振子 2 a ~ 2 d を発振させるのは、以下に説明するように発振子 2 a ~ 2 d に発振させる超音波振動の出力、周波数、位相のすべてが演算によって定まった後である。

【0116】求めた洗浄槽内の複数の超音波振動の出力 A を比較することにより、最も大きな値 A_{max} を求め、 A_{max} が得られた点 L の座標 (x, y) が、ステップ 301 で取り込んだ強超音波場を移動させるべき方程式 $f(x, y)$ 上に位置するかどうかを調べる。点 L が方程式 f 上にある場合には、ステップ 308 へ進み、点 L が方程式 f 上にはない場合には、ステップ 319 へ進む（ステップ 307）。これにより、L (x, y) を中心とする領域に位置する強超音波場が、移動させるべき方程式 f 上についているかどうかを調べることができる。

【0117】ステップ 308 では、点 L (x, y) を中心とする強超音波場が方程式 f 上に位置しているので、点 L (x, y) の超音波振動の出力 A_{max} が、ステップ 303 で取り込んだ洗浄に必要な超音波振動の出力 S と同等以上かどうかを調べ、同等以上である場合には、ステップ 320 へ進む。また、同等より小さい場合には、ステップ 309 へ進む。

【0118】ステップ 309 では、必要な超音波振動の出力が得られていないため、発振子 2 a ~ 2 d の出力 $W_1 \sim W_4$ にそれぞれ予め定めた大きさ k を加えて、出力 $W_1 \sim W_4$ を一律に大きくしてステップ 306 に戻り、再度、各格子点について超音波振動の出力 A を計算する。これを、強超音波場の出力 A_{max} が、ステップ 308 で出力 S より大きくなるまで繰り返す。

【0119】ステップ 320、321 では、すべての発振子 2 a ~ 2 d が、発振すべき超音波振動の条件が出そろったので、実際に発振子 2 a ~ 2 d を発振させる。まず、ステップ 306 の計算で用いた出力 $W_1 \sim W_4$ 、周波

数 $f_1 \sim f_4$ および位相 $\alpha_1 \sim \alpha_4$ で発振するように、発振器 6 を調節するようにコントローラ 11 に指示する（ステップ 320）。コントローラ 11 は、発振器 6 の発振回路 61a ~ 61d の可変抵抗 65a、66a 等、可変コイル 66a 等の値を調節する。

【0120】続けて、演算部 12 は、コントローラ 11 に発振子 2a ~ 2d を実際に発振させるように指示する（ステップ 321）。これにより、洗浄槽 1 内には、点 L 近傍を中心として出力 A_{max} の強超音波場が発生する。点 L の位置および出力 A_{max} は、ユーザが入力した方程式 f 上に位置し、必要とする出力 S 以上であるので、ユーザは、方程式 f の描く図形上に被洗浄物 4 を投入することにより、必要な強度の超音波振動で被洗浄物 4 を洗浄することができる。

【0121】ステップ 307 で、最大の出力 A_{max} が得られた点 L が、強超音波場を移動させるべき方程式 f 上に乗っていない場合には、ステップ 319、310 ~ 318、340、341 により、発振子 2a ~ 2d の出力 $W_1 \sim W_4$ を変化させることにより、これらを一致させる動作を行う。

【0122】ステップ 319 では、発振子 2a ~ 2d の出力 $W_1 \sim W_4$ にステップ 305 と同じく最小値を設定する。このように一旦最小値を設定するのは、ステップ 309 を一旦通ってからステップ 307 で強超音波場が方程式 f からはずれた場合を考慮して、一旦出力を最小値に戻すためである。

【0123】ステップ 310 では、発振子 2a の出力 W_1 のみを予め定めた値 k だけ増加させ、他の出力 $W_2 \sim W_4$ は、そのままの値とする。そして、増加させた W_1 が、発振子 2a が出力可能な最大の出力 W_{1max} を超えていなければ（ステップ 311）、ステップ 340 に進み、ステップ 306 と同様に増加させた出力 W_1 を用いて、洗浄槽 1 内の超音波出力を演算する。出力 W_1 を増加させることにより、点 L の座標は移動していく。そして、出力 W_1 が、最大の出力 W_{1max} より大きくなるか、または、ステップ 341 で点 L が方程式 f 上にのるまで、 W_1 を k ずつ大きくして、これらのステップを繰り返す。発振子 2a が出力可能な最大の出力 W_{1max} は、発振器 6 の発振回路 61a の可変抵抗 66a の可変幅で定まる値であるので、この値に合わせて予め定められている。

【0124】ステップ 311 で、出力 W_1 が、最大の出力 W_{1max} を超えた場合には、ステップ 312 に進み、 W_1 を W_{1max} にし、発振子 2b の出力 W_2 を予め定めた値 k だけ増加させ、他の出力 $W_3 \sim W_4$ は、そのままの値とする。そして、ステップ 313 では、増加させた W_2 が、発振子 2b が出力可能な最大の出力 W_{2max} を超えていなければ、ステップ 340 へ戻り、再度、増加させた出力 W_1 を用いて、洗浄槽 1 内の超音波出力を演算する。出力 W_2 を増加させることにより、出力 W_2 を増加させた場合とは異なる方向へ、ステップ 107 の点 L の座標は移

動していく。そして、出力 W_2 が、最大の出力 W_{2max} より大きくなるか、または、ステップ 341 で点 L が方程式 f 上にのるまで、 W_2 を k ずつ大きくして、これらのステップを繰り返す。発振子 2b が出力可能な最大の出力 W_{2max} は、発振器 6 の発振回路 61b の可変抵抗の可変幅で定まる値であるので、この値に合わせて予め定められている。

【0125】同様に、ステップ 314 ~ ステップ 317 では、出力 W_3 または W_4 を k ずつ大きくして、点 L を移動させる。

【0126】上述のステップ 310 ~ 317 を行ったにもかかわらず、点 L が方程式 f 上にのらず、しかも、 W_4 が最大の出力 W_{4max} を超えてしまった場合には、ステップ 318 に進み、表示部 14 に、本実施例の超音波洗浄装置では、ユーザが意図としている方程式 f および振動強度で洗浄を行うことができないという内容をユーザに知らせる表示を行い、演算を中止する。

【0127】ステップ 341 で、点 L が方程式 f 上に乗った場合には、ステップ 342、ステップ 343 に進み、ステップ 308、309 と同様の処理を行って、点 L の出力 A_{max} が、使用者が必要としている最低の出力 S と同等以上になるように、出力 $W_1 \sim W_4$ を一律に大きくする。点 L の出力 A_{max} が、使用者が必要としている最低の出力 S と同等以上になったら、ステップで説明したステップ 320、321 に進み、発振子 2a ~ 2d に発振条件を設定し、実際に発振させる。これにより、ユーザが入力した図形曲線を表わす方程式 f 上の点 L で強超音波場が形成され、洗浄が開始される。

【0128】つぎに、ユーザが入力した図形曲線を表わす方程式 f 上において、速度 v で強超音波上を移動させるための動作を行う。本実施例では、強超音波場の平均速度が v となるように、強超音波場を予め定めた時間 t ごとに移動させる。まず、上述のステップ 321 で発振子 2a ~ 2d を発振させたら、時間 t 後に点 L を移動させる先の点 K の座標を求め、この移動先の点 K で強超音波場を発振させるための発振子 2a ~ 2d の発振条件を求める。そのため、ステップ 322 では、予め定めた時間 t と速度 v と点 L (x, y) の座標を用いて、点 K (x + v t, f(x + v t)) を計算することにより点 K の座標を求める。

【0129】すなわち、点 K は、方程式 f 上の点であって、点 K の x 座標は、点 L の x 座標に v t を加えた座標である。ステップ 320 で発振子 2a ~ 2d で発振条件を設定してから、時間 t が経過した後に、強超音波場の中心点 L を点 K に移動させることにより、強超音波場は、x 方向について、速度 v で方程式 f が表わす図形曲線上を移動する。

【0130】つぎに、ステップ 323 で点 K が点 L と一致しているかどうか調べる。これは、方程式 f が特殊な図形である場合には、点 K が点 L と一致していることが

ありうるため、このステップを配置している。通常は、点Kが点Lが一致していないため、ステップ325～333、335、336に進み、すでに説明したステップ319、310～319、340、341と同様に、一旦出力 $W_1 \sim W_4$ を最小値としたのちkずつ増加させて、点Lを点Kと一致させる。但し、この時点は、点Lの移動というのは、計算上行われているのみであり、実際の洗浄槽内においては、ステップ320で発振子2a～2dが設定されたままであるのでステップ320の設定の位置で強超音波場が引き続き発生している。ステップ325～333、335、336で、点Kと点Lが一致しないまま、出力 W_4 が W_4 の最大値を超えてしまった場合には、ステップ334に進み、表示部14に方程式f上で強超音波場を移動させることができないことを使用者に知らせる表示を行う。ステップ336で、点Lと点Kとが一致したら、ステップ337、338に進み、点Lの超音波振動出力 $A_{x,x}$ を洗浄に必要な出力Sと同等以上にするために $W_1 \sim W_4$ を一律に大きくして、ステップ344に進む。

【0131】また、ステップ323で点Lと点Kとが一致していた場合にも、ステップ344に進む。

【0132】ステップ344では、前回（ステップ320）発振子2a～2dに出力、周波数、位相を設定してから、時間tが経過したかどうかを、演算部12内のタイマで計測する。時間tが経過したら、ステップ345、346に進み、ステップ335で演算に用いた出力、周波数、位相をコントローラ11に指示して発振器6に設定させ、引き続き発振子2a～2dを発振させるよう指示する。これにより、発振子2a～2dの発振条件が変更され、強超音波場の中心点Lは、移動先の点Kに移動する。これにより、点Lの1回目の移動が完了するので、ステップ347に進み、2回目の移動先の点Kの座標をステップ322と同様に求め、ステップ348に進んで、ステップ323と同様の処理を行ったのちステップ325にへ戻る。これにより、2回目以降の強超音波場の中心点Lの移動が行われるため、強超音波場は、方程式fの表わす図形上を時間tごとに、x方向の平均移動速度vで移動していく。

【0133】このように、第2の実施例の超音波洗浄装置では、任意の出力Sと同等以上の出力の強超音波場を任意の図形を表わす方程式f上に発生させたのち、その強超音波場の中心点Lをx方向の平均速度vで移動させることができる。これにより、大きな被洗浄物4を洗浄する場合には、方程式fの表わす図形を、被洗浄物4をまんべんなく覆うような図形にしておき、方程式fの表わす図形上に洗浄物4を投入することにより、被洗浄物4上を強超音波場がまんべんなく移動するため、被洗浄物4をムラなく洗浄できる。

【0134】第2の実施例では、発振子の出力を変化させることにより、強超音波場の中心点Lを移動させる構

成にしたが、これに限らず、周波数、位相を変化させることにより強超音波場を移動させる構成にすることももちろん可能である。周波数を変化させる場合には、第1の実施例で説明したステップ127～170を用い、位相を変化させるためには、ステップ181～220を用いることができる。

【0135】このように、第1の実施例、第2の実施例において、強超音波場を任意の点や図形上に移動させることができるのは、発振子を洗浄槽の側面に複数個配置し、複数の方向から洗浄槽の中心方向に超音波が発振される構成にし、発振子の出力、位相、周波数を発振子ごとに制御しているためである。また、強超音波場を演算するために本実施例で用いた数式は、超音波が伝搬するにつれて減衰することおよび洗浄槽の壁面で減衰することを考慮したものであるため、実際に洗浄物を投入した場合の超音波の伝搬状態に近く、正確に強超音波場の位置および強度を演算することができる。

【0136】また、第1、第2の実施例では、被洗浄物4による超音波振動振幅の減衰を、伝搬距離に比例して減衰することを表わす項D(1)で近似して、洗浄槽内の超音波の分布を演算したが、被洗浄物4による超音波振動振幅の減衰は、被洗浄物4の形状や投入する方向によって大きく異なるため、これらを考慮して、投入する被洗浄物によって減衰を表わす項の関数を実験等によって求めその関数を用いて演算を行なうことが望ましい。

【0137】また、第1、第2の実施例では、洗浄槽の深さ方向の強超音波場の広がりおよび強度については演算しなかったが、深さ方向について大きな被洗浄物を洗浄する場合には、深さ方向について揺動させることにより均一に洗浄することができる。また、上述の数式と同様に、洗浄槽の深さ方向について、強超音波場を演算し、深さ方向について強超音波場を移動させることも可能である。

【0138】また、第1、第2の実施例では、ユーザから入力部に入力された被洗浄物を投入する任意の点を中心とする領域に、強超音波場発生させるのに必要な、各発振子の出力、位相、周波数を、ユーザから任意の点や図形曲線の入力を受け付ける度に演算する構成を用いた。しかしながら、本発明はこの構成に限定されるものではなく、予め、洗浄槽内の点を中心とする領域に、ある出力の強超音波場を発生させるのに必要な発振条件を、洗浄槽内の複数の点（例えば、図6に示したような、格子点状に位置する複数の点501）について、それぞれ、複数段階の出力で演算しておき、それを、演算部12内のメモリに格納しておくことも可能である。予め、発振条件を演算する方法としては、上述の第1、第2の実施例で示したフローを用いることができる。

【0139】そして、ユーザから、被洗浄物を投入する点や図形曲線ならびに必要とする出力が入力されたら、メモリ内に格納されている点のうち、入力された点に最

も近い点を選び、その最も近い点を中心とする領域で入力された出力で強超音波場を発生させるのに必要な発振条件をメモリから読みだし、この発振条件で発振子を発振させる。このように、予め演算を行って発振条件をメモリ内に格納しておく構成にした場合には、ユーザが被洗浄物を投入する点や図形曲線ならびに必要な出力を入力したあとで、その都度発振条件を演算で求める必要はなく、予めメモリ内に格納されている発振条件から必要な条件を選択するだけでよいので、計算量が少なくすみ、短時間で発振条件を設定することができる。また、演算部の計算能力が小さくてもよいので、安価な装置を提供することができる。このような構成にすると、強超音波場を発振可能な領域が予め演算を行っている複数の点に限定されるが、予め演算を行う点の間隔をできるかぎり多くすることにより、実用的な装置を提供することができる。

【0140】

【発明の効果】 上述のように、本発明によれば、被洗浄物を投入する位置や被洗浄物の大きさに係わらず、一定以上の洗浄度で洗浄することができる超音波洗浄装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の実施例の超音波洗浄装置の構成を示すブロック図。

【図2】 図1の超音波洗浄装置の洗浄槽内の超音波進行方向を示す説明図。

【図3】 図1の超音波洗浄装置の洗浄槽内の超音波の分布の一例を示す説明図。

【図4】 図1の超音波洗浄装置の洗浄槽内の超音波の分布の一例を示す説明図。

【図5】 (a) 図1の超音波洗浄装置の超音波発振器6の構成を示すブロック図。

(b) (a)の超音波発振器6の発振回路61aの回路構成を示す回路図。

【図6】 図1の超音波洗浄装置の洗浄槽内で、超音波振動の出力を演算する複数の点501の位置を示す説明図。

【図7】 図1の超音波洗浄装置の洗浄槽における超音波伝搬を示す説明図。

【図8】 図1の超音波洗浄装置の洗浄槽において、発振子2aと点Hとの関係を示す説明図。

【図9】 図1の超音波洗浄装置の洗浄槽において、発振子2bと点Hとの関係を示す説明図。

【図10】 図1の超音波洗浄装置の洗浄槽において、発振子2cと点Hとの関係を示す説明図。

【図11】 図1の超音波洗浄装置の洗浄槽において、発

振子2dと点Hとの関係を示す説明図。

【図12】 本発明の第1の実施例の超音波洗浄装置の動作を示すフローチャート。

【図13】 本発明の第1の実施例の超音波洗浄装置の動作を示すフローチャート。

【図14】 本発明の第1の実施例の超音波洗浄装置の動作を示すフローチャート。

【図15】 本発明の第1の実施例の超音波洗浄装置の動作を示すフローチャート。

10 【図16】 本発明の第1の実施例の超音波洗浄装置の動作を示すフローチャート。

【図17】 本発明の第1の実施例の超音波洗浄装置の動作を示すフローチャート。

【図18】 本発明の第1の実施例の超音波洗浄装置の動作を示すフローチャート。

【図19】 本発明の第1の実施例の超音波洗浄装置の動作を示すフローチャート。

【図20】 本発明の第1の実施例の超音波洗浄装置の動作を示すフローチャート。

20 【図21】 本発明の第1の実施例の超音波洗浄装置の動作を示すフローチャート。

【図22】 本発明の第1の実施例の超音波洗浄装置の動作を示すフローチャート。

【図23】 本発明の第1の実施例の超音波洗浄装置の動作を示すフローチャート。

【図24】 本発明の第1の実施例の超音波洗浄装置の動作を示すフローチャート。

【図25】 本発明の第2の実施例の超音波洗浄装置の動作を示すフローチャート。

30 【図26】 本発明の第2の実施例の超音波洗浄装置の動作を示すフローチャート。

【図27】 本発明の第2の実施例の超音波洗浄装置の動作を示すフローチャート。

【図28】 本発明の第2の実施例の超音波洗浄装置の動作を示すフローチャート。

【図29】 本発明の第2の実施例の超音波洗浄装置の動作を示すフローチャート。

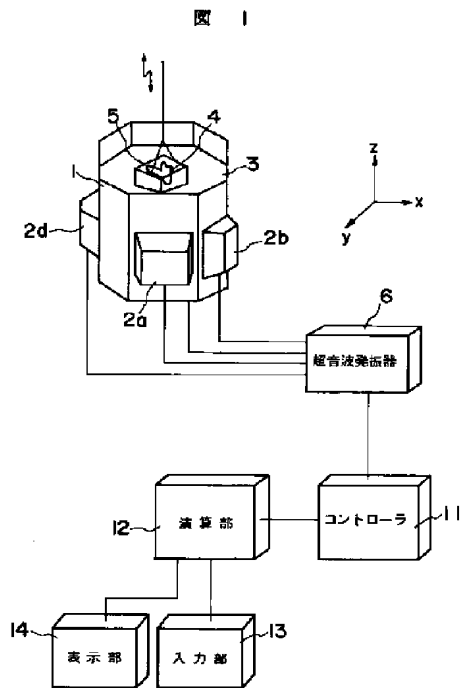
【図30】 本発明の第2の実施例の超音波洗浄装置の動作を示すフローチャート。

40 【図31】 本発明の第2の実施例の超音波洗浄装置の動作を示すフローチャート。

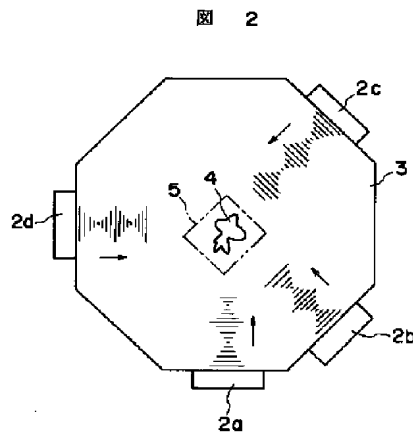
【符号の説明】

1…洗浄槽、2a、2b、2c、2d…発振子、3…洗浄液、4…被洗浄物、5…洗浄治具、6…超音波発振器、9、11…強超音波場、11…コントローラ、12…演算部、13…入力部、14…表示部。

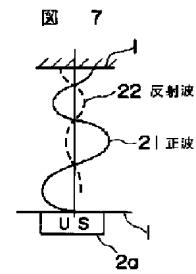
【図1】



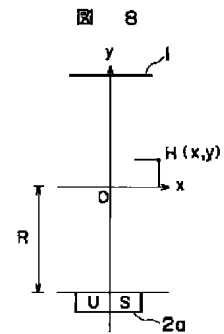
【図2】



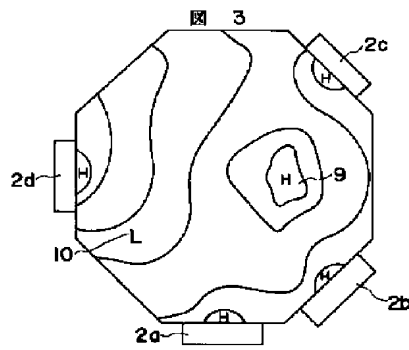
【図7】



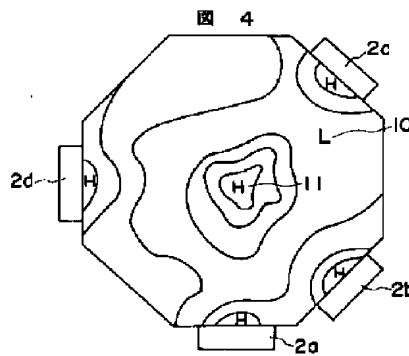
【図8】



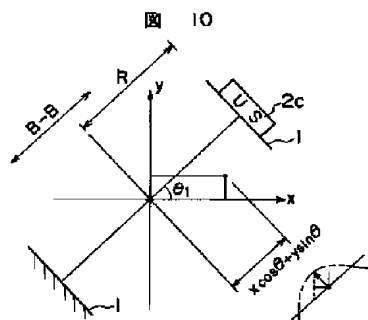
【図3】



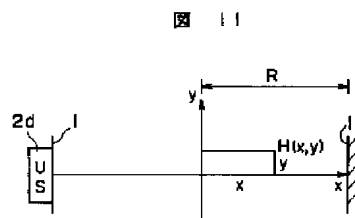
【図4】



【図10】

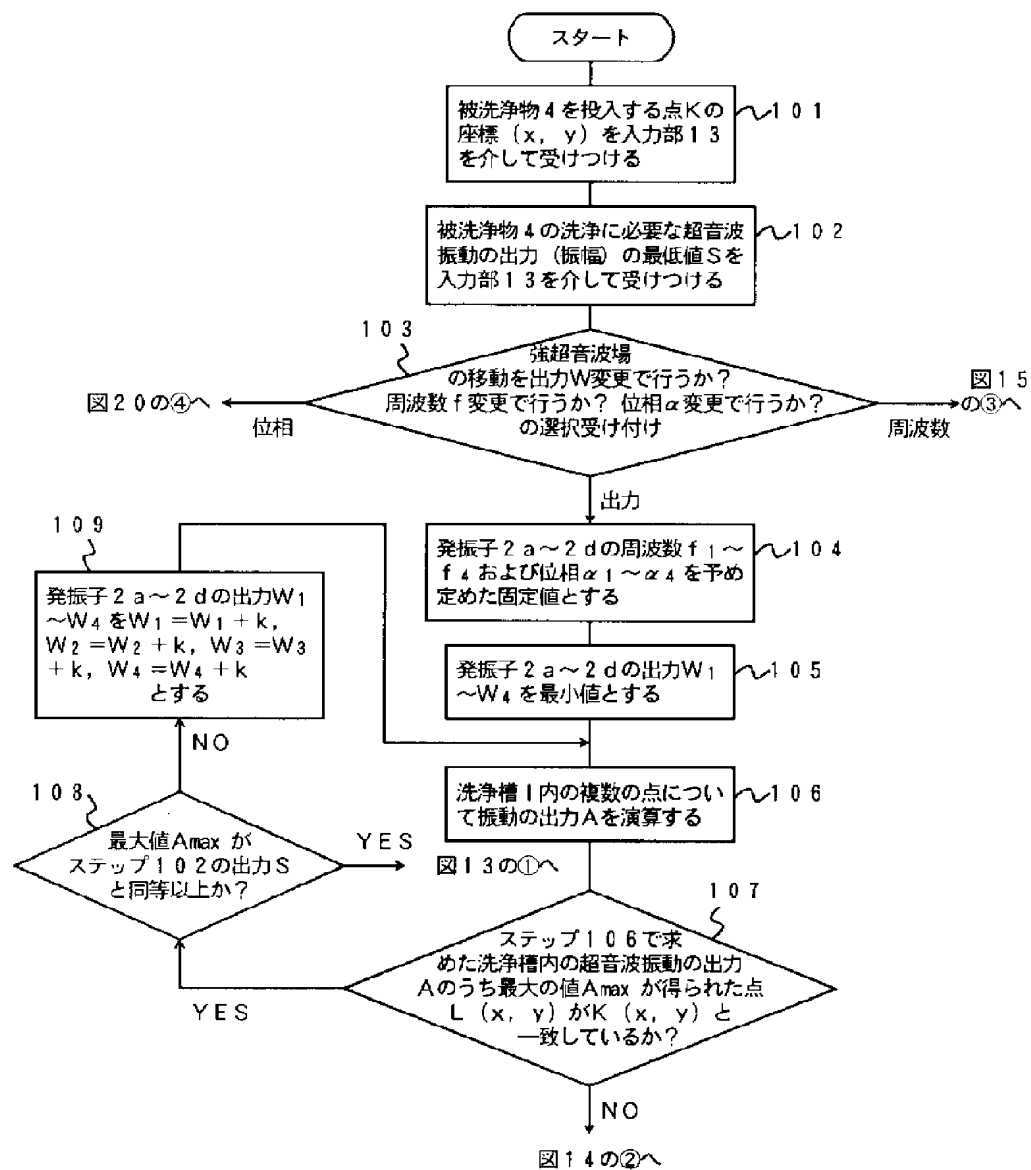


【図11】

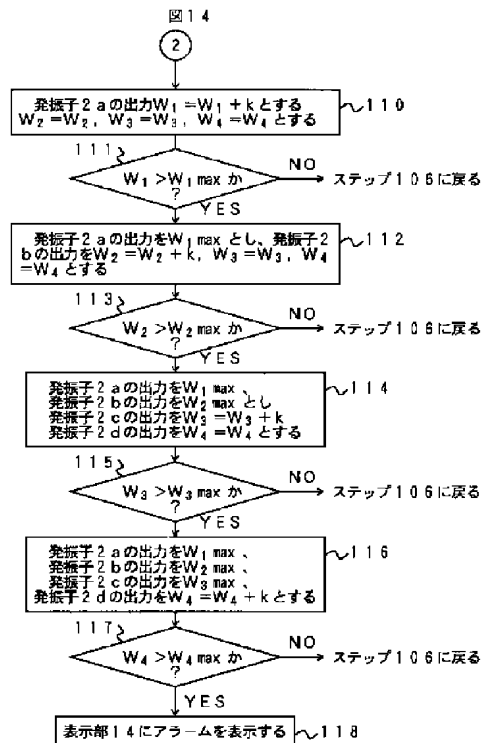


【図 12】

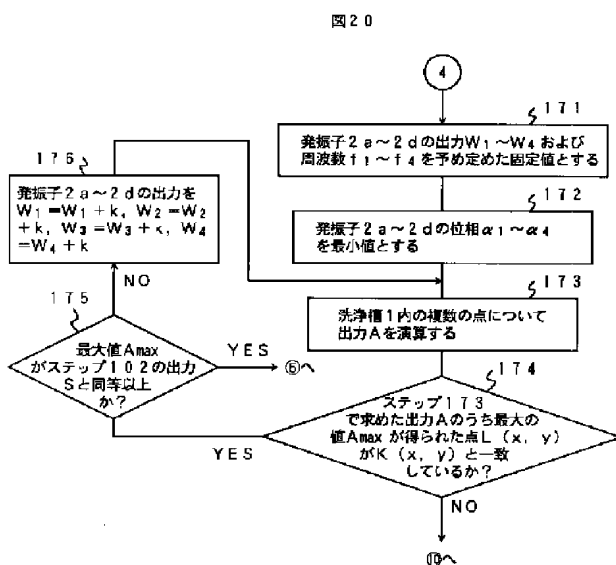
図 12



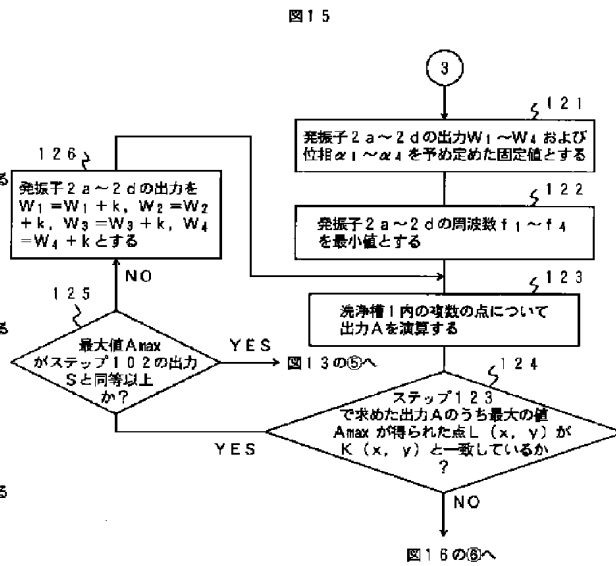
【図14】



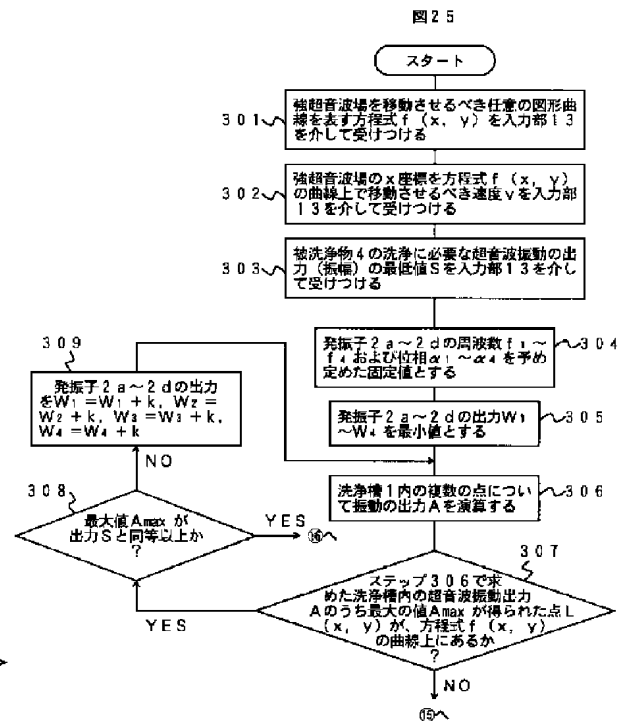
【図20】



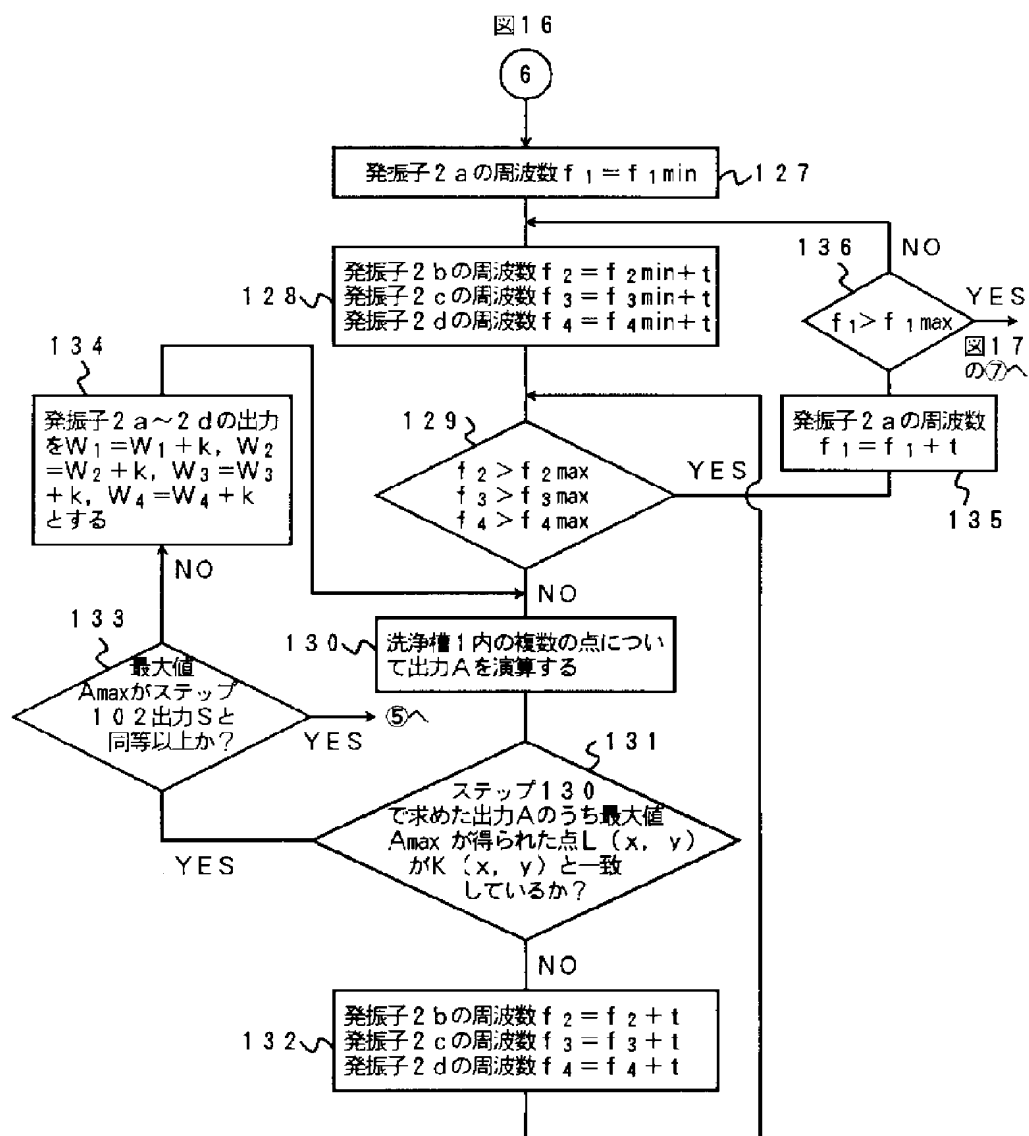
【図15】



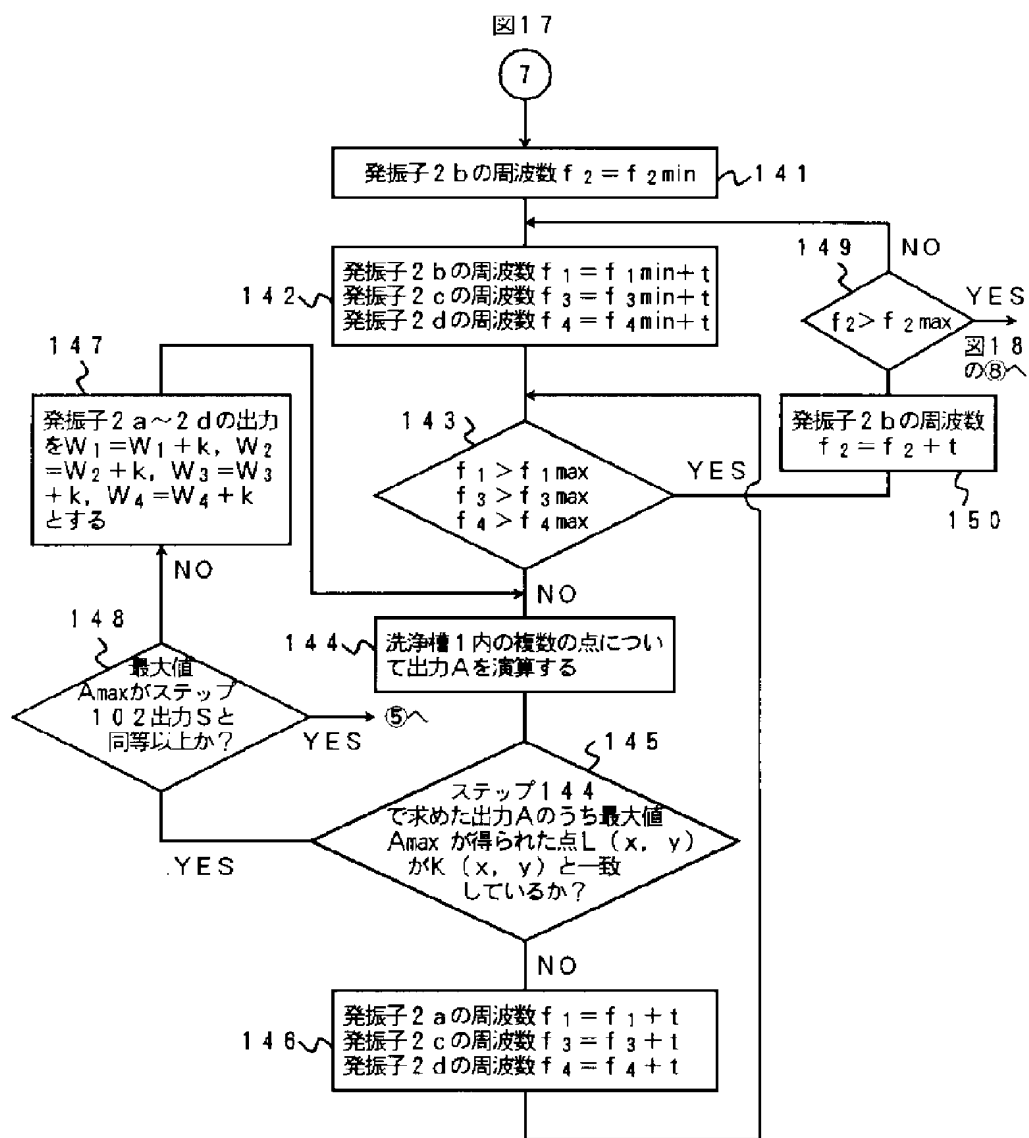
【図25】



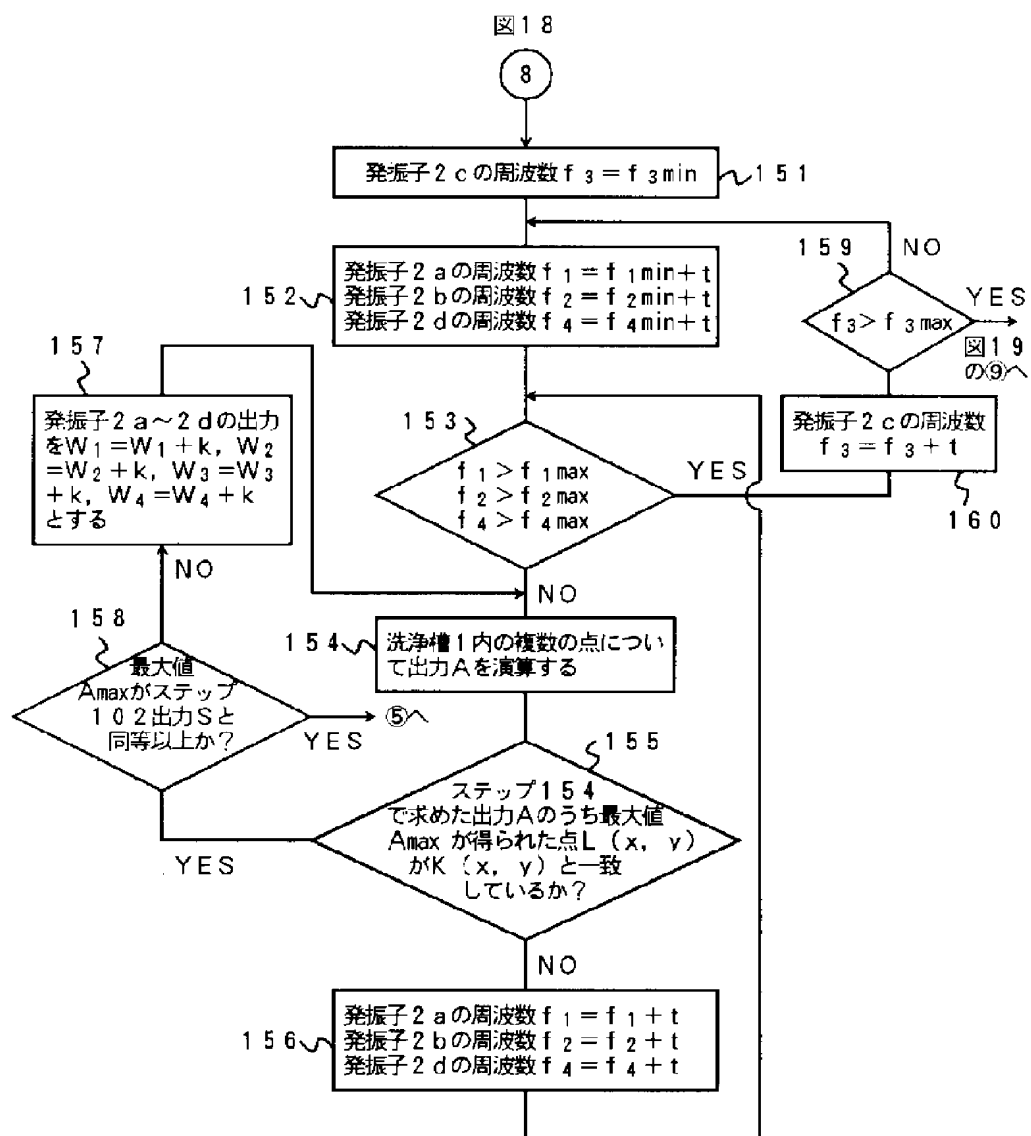
【図16】



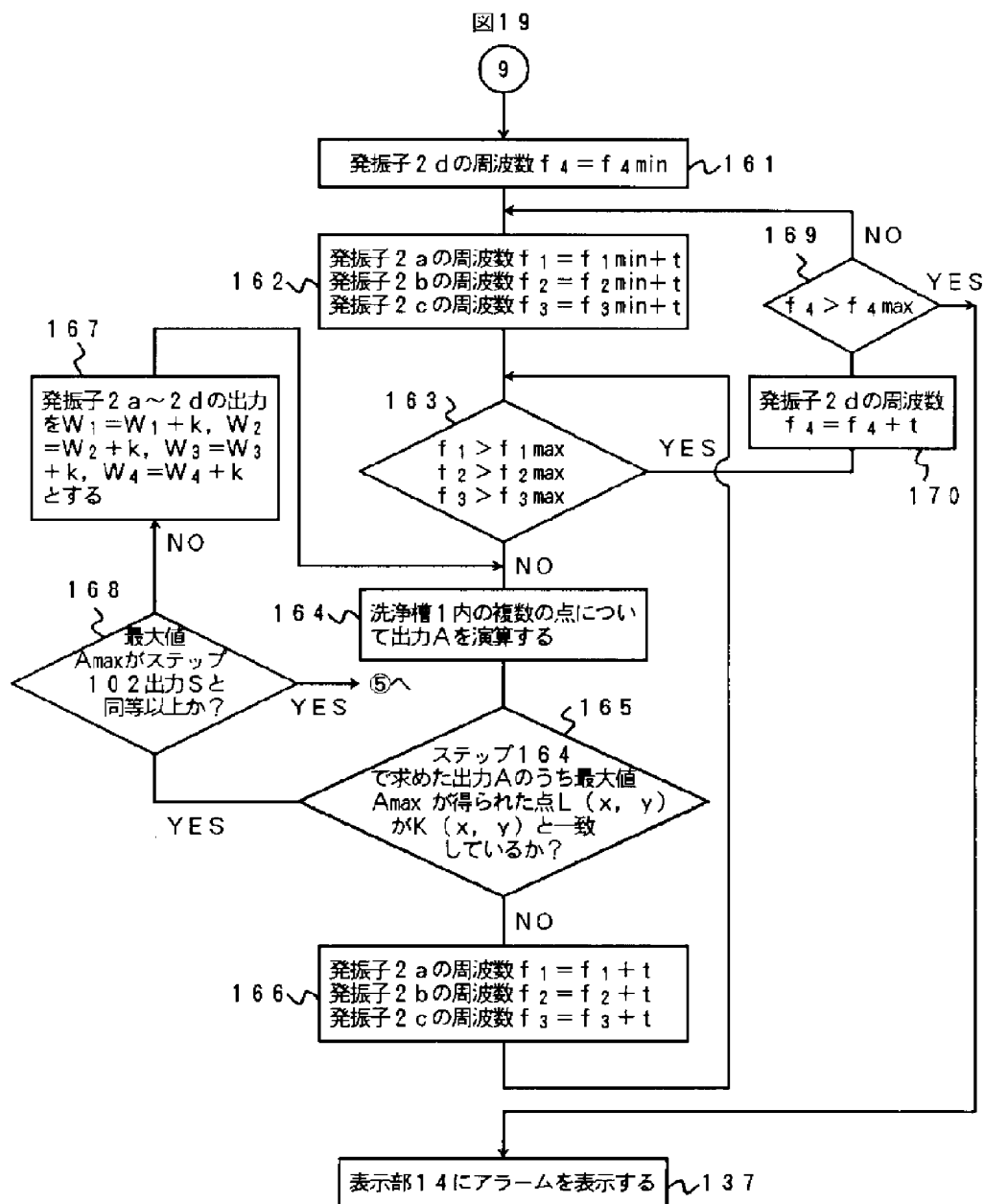
【図17】



【図18】



【図 19】



【図 21】

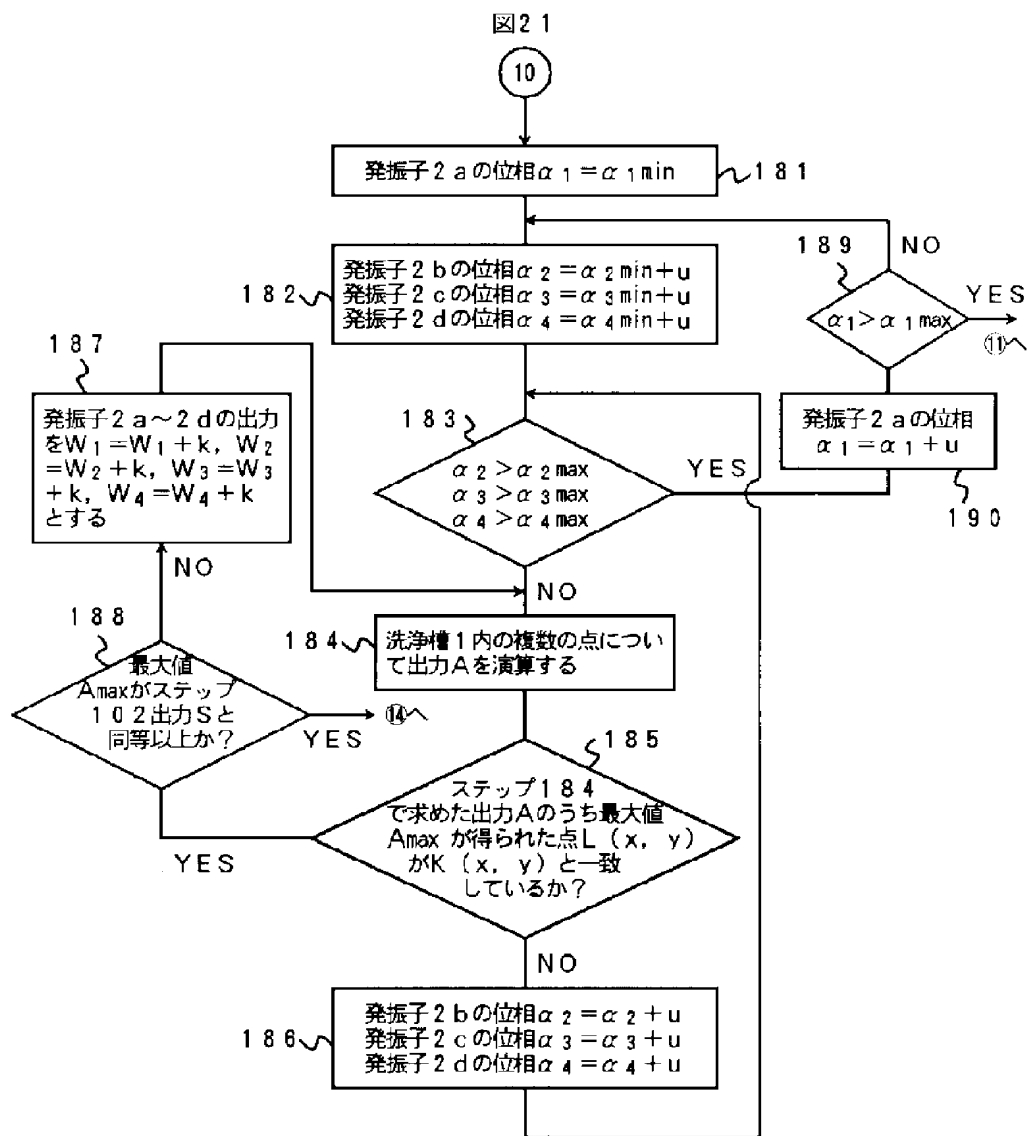
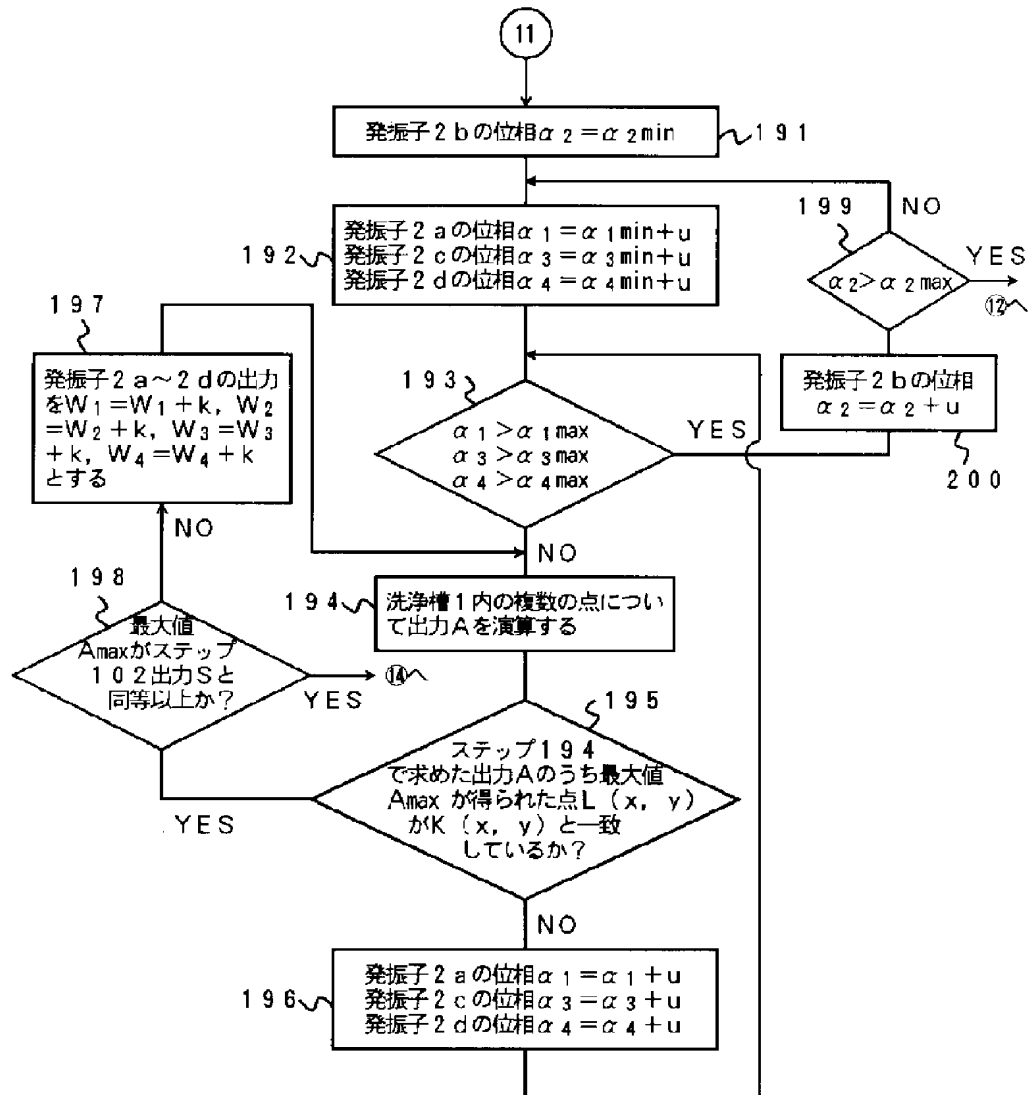
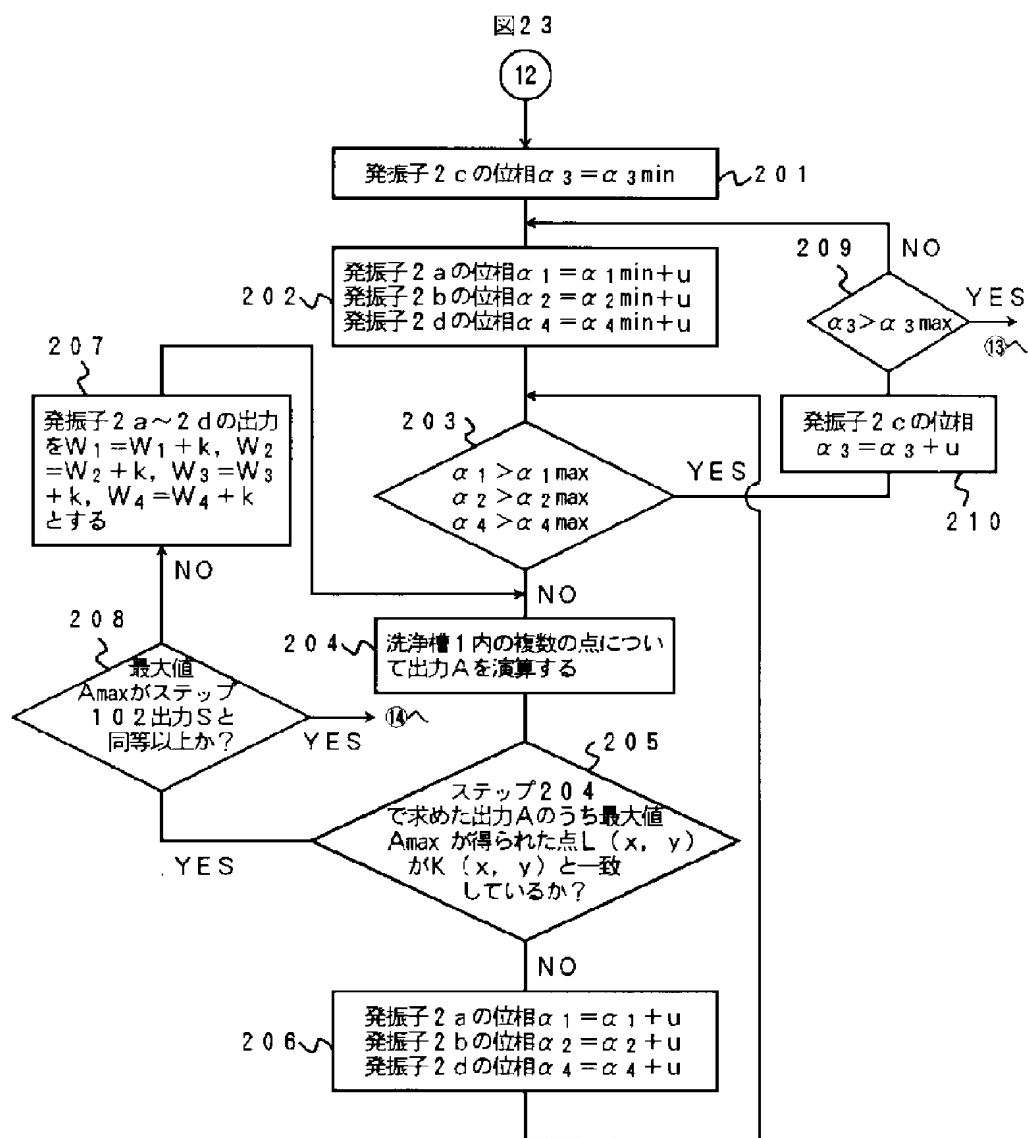


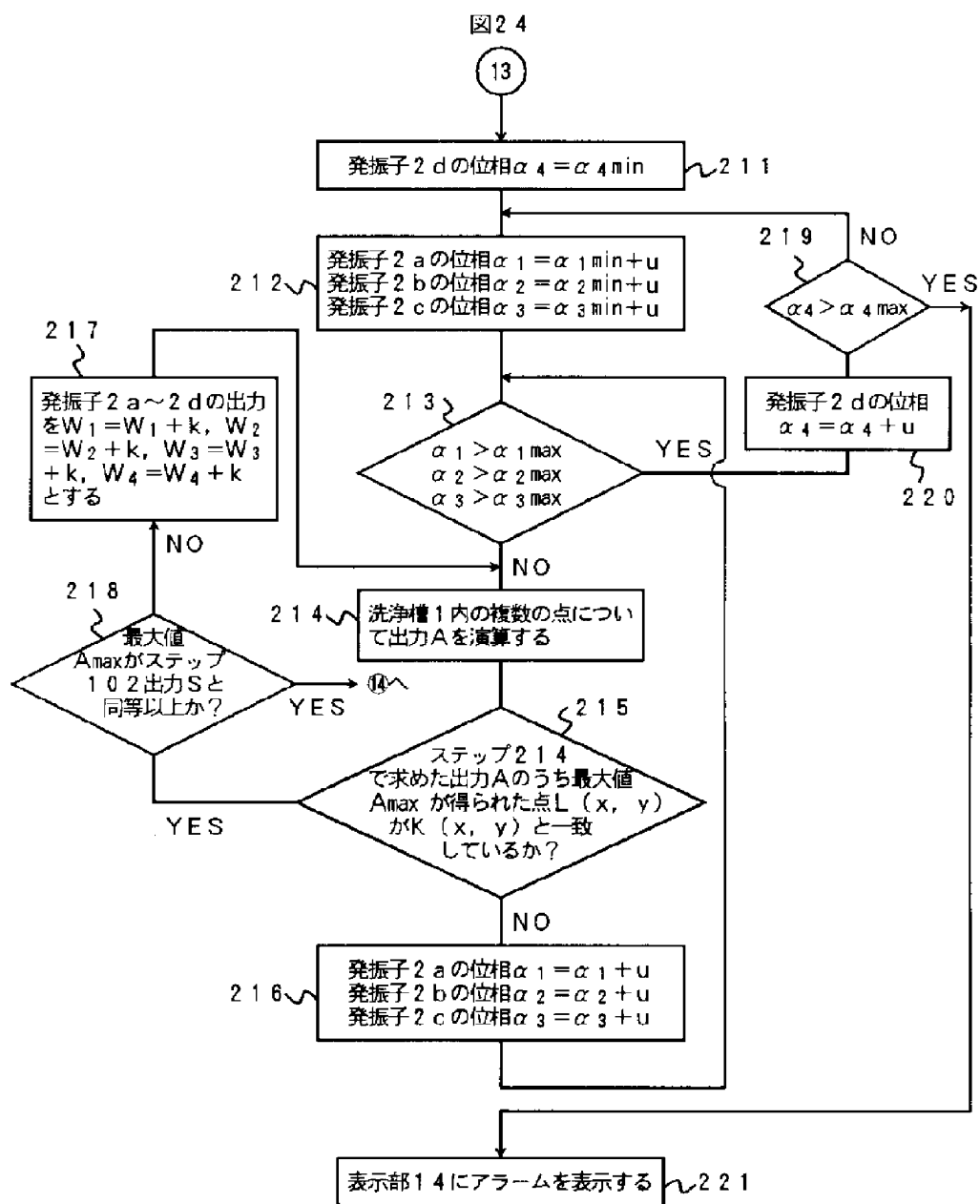
图 2-2



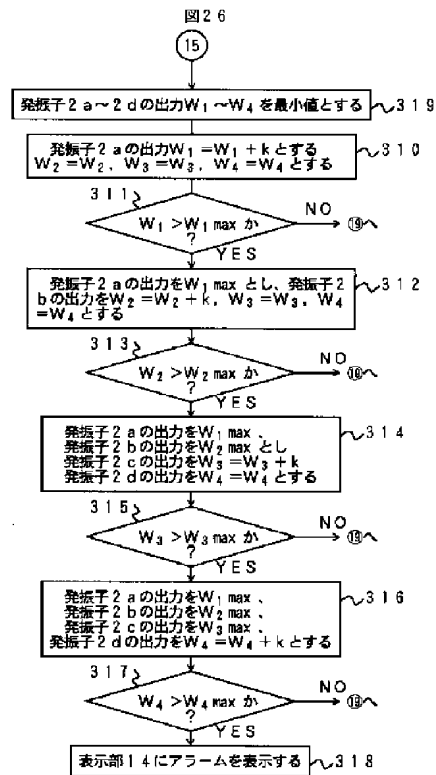
【図23】



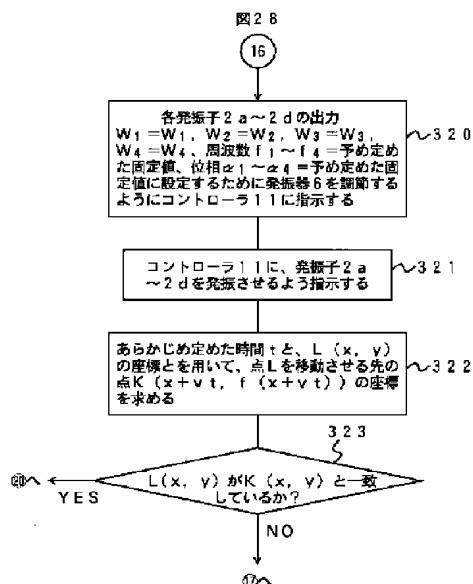
【図 24】



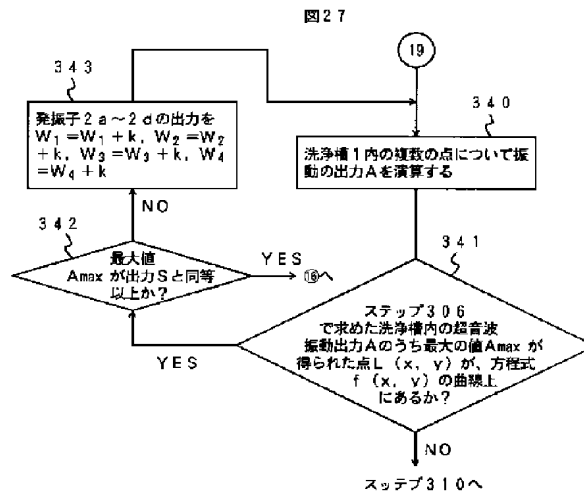
【図26】



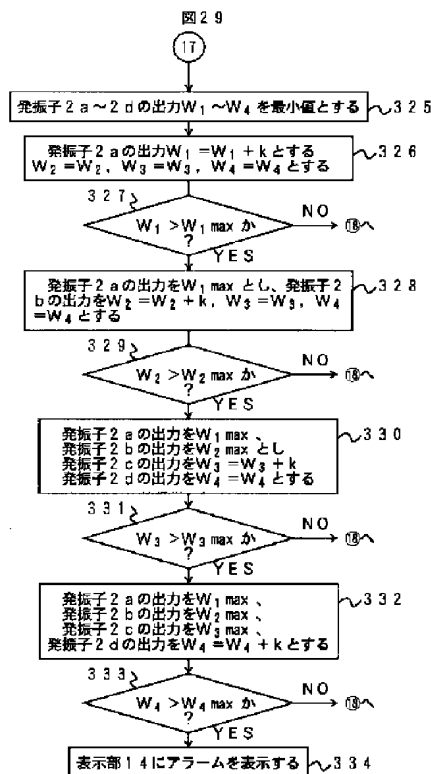
【図28】



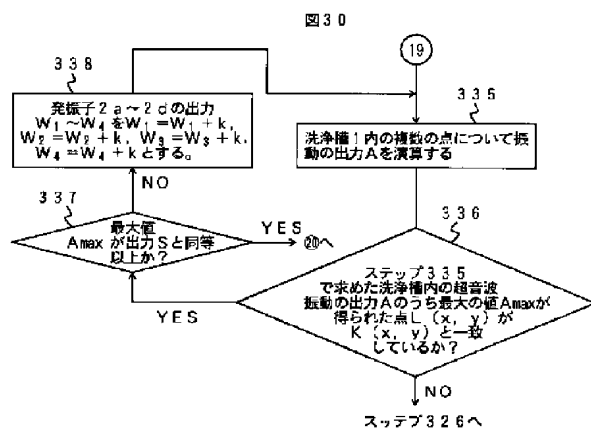
【図27】



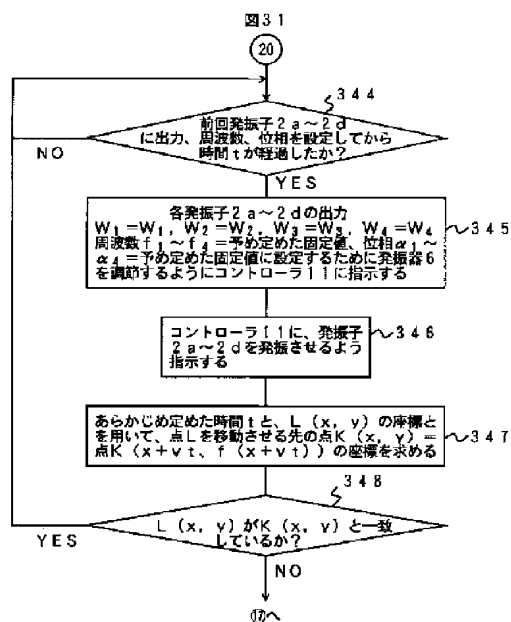
【図29】



【図 30】



【図 31】



* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any
damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1]An ultrasonic cleaner which is an ultrasonic cleaner provided with two or more radiators and cleaning tanks, and is characterized by arranging said two or more radiators so that an ultrasonic wave may be oscillated from two or more directions toward a center section of said cleaning tank.

[Claim 2]An ultrasonic cleaner comprising:

A receptionist means to receive an input of arbitrary coordinates in said cleaning tank from a user in claim 1.

An oscillation means which sets up amplitude, a phase, and frequency, respectively and oscillates a radiator to said two or more radiators.

One or two or more fields which an ultrasonic wave oscillated from said two or more radiators in said cleaning tank suits in slight strength are calculated, A calculating means asks for each amplitude of two or more of said radiators for coinciding coordinates which one and said receptionist means of a field which said ultrasonic wave suits in slight strength received, a phase, and frequency, and it is directed to said oscillation means that oscillates said radiator on said amplitude for which it asked, a phase, and frequency conditions.

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1]The block diagram showing the composition of the ultrasonic cleaner of the 1st example of this invention.

[Drawing 2]The explanatory view showing the direction of movement of ultrasonic in the cleaning tank of the ultrasonic cleaner of drawing 1.

[Drawing 3]The explanatory view showing an example of distribution of the ultrasonic wave in the cleaning tank of the ultrasonic cleaner of drawing 1.

[Drawing 4]The explanatory view showing an example of distribution of the ultrasonic wave in the cleaning tank of the ultrasonic cleaner of drawing 1.

[Drawing 5](a) The block diagram showing the composition of the ultrasonic wave oscillator 6 of the ultrasonic cleaner of drawing 1.

The circuit diagram showing the circuitry of the oscillating circuit 61a of the ultrasonic wave oscillator 6 of (b) and (a).

[Drawing 6]The explanatory view showing the position of two or more points 501 of calculating the output of supersonic vibration, in the cleaning tank of the ultrasonic cleaner of drawing 1.

[Drawing 7]The explanatory view showing the ultrasonic propagation in the cleaning tank of the ultrasonic cleaner of drawing 1.

[Drawing 8]The explanatory view showing the relation between the radiator 2a and the point H in the cleaning tank of the ultrasonic cleaner of drawing 1.

[Drawing 9]The explanatory view showing radiator 2b and a relation with the point H in the cleaning tank of the ultrasonic cleaner of drawing 1.

[Drawing 10]The explanatory view showing the relation between the radiator 2c and the point H in the cleaning tank of the ultrasonic cleaner of drawing 1.

[Drawing 11]The explanatory view showing the relation between the radiator 2d and the point H in the cleaning tank of the ultrasonic cleaner of drawing 1.

[Drawing 12]The flow chart which shows operation of the ultrasonic cleaner of the 1st example of this invention.

[Drawing 13]The flow chart which shows operation of the ultrasonic cleaner of the 1st example of this invention.

[Drawing 14]The flow chart which shows operation of the ultrasonic cleaner of the 1st example of this invention.

[Drawing 15]The flow chart which shows operation of the ultrasonic cleaner of the 1st example of this invention.

[Drawing 16]The flow chart which shows operation of the ultrasonic cleaner of the 1st example of this invention.

[Drawing 17]The flow chart which shows operation of the ultrasonic cleaner of the 1st example of this invention.

[Drawing 18]The flow chart which shows operation of the ultrasonic cleaner of the 1st example of this invention.

[Drawing 19]The flow chart which shows operation of the ultrasonic cleaner of the 1st example of this invention.

[Drawing 20]The flow chart which shows operation of the ultrasonic cleaner of the 1st example of this invention.

[Drawing 21]The flow chart which shows operation of the ultrasonic cleaner of the 1st example of this invention.

[Drawing 22]The flow chart which shows operation of the ultrasonic cleaner of the 1st example of this invention.

[Drawing 23]The flow chart which shows operation of the ultrasonic cleaner of the 1st example of this invention.

[Drawing 24]The flow chart which shows operation of the ultrasonic cleaner of the 1st example of this invention.

[Drawing 25]The flow chart which shows operation of the ultrasonic cleaner of the 2nd example of this invention.

[Drawing 26]The flow chart which shows operation of the ultrasonic cleaner of the 2nd example of this invention.

[Drawing 27]The flow chart which shows operation of the ultrasonic cleaner of the 2nd example of this invention.

[Drawing 28]The flow chart which shows operation of the ultrasonic cleaner of the 2nd example of this invention.

[Drawing 29]The flow chart which shows operation of the ultrasonic cleaner of the 2nd example of this invention.

[Drawing 30]The flow chart which shows operation of the ultrasonic cleaner of the 2nd example of this invention.

[Drawing 31]The flow chart which shows operation of the ultrasonic cleaner of the 2nd example of this invention.

[Description of Notations]

1 [-- A washed object, 5 / -- A washing fixture, 6 / -- An ultrasonic wave oscillator, 9 11 / -- A strong ultrasonic wave place, 11 / -- A controller, 12 / -- Operation part, 13 / -- An input part, 14 / -- Indicator.] -- A cleaning tank, 2a, 2b, 2c, 2d -- A radiator, 3 -- A penetrant remover, 4

[Translation done.]